

*Brita Bye, Cathrine Hagem, Bente Halvorsen
og Bodil M. Larsen*

Evaluering av virkemidler for å fremme energieffektivisering

En oversikt over økonomisk litteratur

*Brita Bye, Cathrine Hagem, Bente Halvorsen
og Bodil M. Larsen*

**Evaluering av virkemidler for å fremme
energieffektivisering**

En oversikt over økonomisk litteratur

I serien Rapporter publiseres analyser og kommenterte statistiske resultater fra ulike undersøkelser. Undersøkelser inkluderer både utvalgsundersøkelser, tellinger og registerbaserte undersøkelser.

© Statistisk sentralbyrå
Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen
skal Statistisk sentralbyrå oppgis som kilde.

Publisert april 2016

ISBN 978-82-537-9334-4 (trykt)
ISBN 978-82-537-9335-1 (elektronisk)
ISSN 0806-2056

Standardtegn i tabeller	Symbol
Tall kan ikke forekomme	.
Oppgave mangler	..
Oppgave mangler foreløpig	...
Tall kan ikke offentliggjøres	:
Null	-
Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	0
Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	0,0
Foreløpig tall	*
Brudd i den loddrette serien	—
Brudd i den vannrette serien	
Desimaltegn	,

Forord

På oppdrag fra Olje- og energidepartementet har vi gjennomført en studie som diskuterer ulike metoder for å evaluere virkemidler for å redusere energiforbruket og øke energieffektiviteten, i tillegg til en oversikt over den økonomiske litteraturen på feltet. Oppdraget er gjengitt i appendikset til denne rapporten.

Statistisk sentralbyrå, 8. februar 2016.

Christine Meyer

Sammendrag

For å nå klimamål og mål om redusert energiforbruk, er det de siste tiårene satt i verk ulike tiltak for å fremme energieffektiviseringen. Det er viktig å forstå hvordan ulike offentlige virkemidler påvirker adferd og energiforbruk for å kunne evaluere om virkemidlene har virket etter hensikten. Denne rapporten gir en kartlegging av effekter av ulike virkemiddelbruk, både teoretisk og empirisk, ved å gi en oversikt over den økonomiske litteraturen på feltet. Vi diskuterer styrker og svakheter ved ulike metoder for evaluering av virkemidler, og legger spesielt vekt på litteratur som diskuterer hvordan adferdsendringer som følger av virkemiddelbruken kan føre til at virkemiddelet blir mindre effektivt med hensyn på å redusere energibruken (såkalte rebound-effekter). Fokuset for diskusjonen av den empiriske litteraturen er på norske studier. På de temaene hvor det finnes få eller ingen norske studier, gis eksempler fra utenlandske studier samt en diskusjon av overføringsverdien til norske forhold.

Rapporten definerer viktige begreper, herunder ulike kilder til rebound-effekter, basert på økonomisk teori. Vi diskuterer forskjellen mellom energieffektivisering, energieffektiviseringspotensial og energisparing. Rapporten gir en kort oversikt over ulike metoder for å evaluere effekter av offentlige tiltak, og skiller mellom metoder basert på empiriske observasjoner og numeriske modellanalyser. Vi har inndelt litteraturen etter metode (empiriske observasjoner versus modellanalyser), etter type virkemiddel og etter hvilke sektorer virkemidlet er rettet mot. Vi trekker fram noen hovedkonklusjoner:

- Hovedtyngden av reguleringene knyttet til energieffektivitet og energibruk i husholdninger og oppvarming i bedrifter, foregår ved hjelp av byggeforskriftene og energimerking av hvitevarer. Det er ingen norske studier av effekten av energimerking av boliger i Norge. Danske studier av energimerking av boliger finner ingen generell effekt av energimerkeordningen på energiforbruket i Danmark.
- Analysene av varmepumpeeierskap i Norge indikerer at vi må regne med at potensialet for redusert energibruk ikke nødvendigvis blir realisert, og at man i enkelte tilfeller kan observere betydelige rebound-effekter av effektiviseringstiltak.
- Studier av hvordan folk oppfatter ulike typer utstyr indikerer at de viktigste årsakene til at pelletsovnene ikke har fått større utbredelse, er de positive oppfatningene om alternativene til pellets, og da spesielt til vedovner og varmepumper. Dette illustrerer hvorfor en investeringsstøtte ikke er noen garanti for økt bruk av en energikilde.
- Norske studier fra eksperimenter med automatisk måleravlesning og etterspørselssiderettede tiltak (demand side management) viser at enkelte av disse tiltakene har potensial for å kunne redusere energiforbruket og effektivisere hele energisystemet ved å flytte last til mindre anstrengte perioder.
- Frivillige avtaler, som erstatning for el-avgiftsplikt, har vist seg å utløse energieffektiviseringstiltak (men disse ville vært lønnsomme for bedriftene også i fravær av ordningen, både i Norge og i Sverige).
- Evaluering av ordningen med hvite sertifikater i enkelte land i Europa viser at det har blitt gjennomført en del tiltak som viser seg å være svært lønnsomme, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk.
- Generelle, numeriske, økonomiske likevektsmodeller (CGE-modeller) tar hensyn til mange samspillseffekter og er dermed et godt egnet verktøy for å evaluere effekter av virkemidler. Internasjonale studier viser at en kan forvente at samlet energisparing (når hensyn er tatt til rebound-effekter) som følge av en gitt økning i energieffektiviteten vil utgjøre om lag 40-80% av det tekniske energisparepotensialet.
- CGE-analyser viser at energieffektiviseringstiltak er mindre effektive enn karbonprising som virkemiddel for å redusere karbonutslipp, fordi reduksjonen i

utslipp skjer via reduksjon i energiforbruk og ikke via substitusjon vekk fra karbonintensive energiteknologier som vil være tilfelle ved karbonprising.

- Analyser på CGE-modeller får også fram at energistandarder som er knyttet til sluttbruk av energi i form av varme- og kjøleeffekter og energibruk i en del teknisk utstyr vil ha mindre effekt hvis de ikke omfatte alle bygninger, sektorer og typer utstyr. I tillegg bør energieffektivitetsstandardene strammes inn over tid for å opprettholde sine dynamiske effekter.
- CGE-analysene finner, i motsetning til flere av de mikroøkonometriske analysene, at rebound-effektene av en gitt økning i energieffektiviteten ikke fullt ut oppveier det initiale energisparepotensialet av et tiltak og at energibruken faller. De ulike analysene kan imidlertid ikke sammenliknes direkte fordi både tiltakene og modellene er ulike, og foreløpig finnes det ingen analyser som analyserer sammenliknbare tiltak både i et økonomiovergrepene og et mikroøkonometrisk perspektiv.

Abstract

To reach future climate targets and goals of reduced energy consumption, the recent decades have seen initiatives of various policy instruments to promote energy efficiency. It is important to understand the behavioral responses to the various policy instruments and the effects on energy consumption, to evaluate whether the policy instruments have worked according to the intention. This report provides a mapping of both theoretical and empirical analyses of effects of different policy instruments, by giving an overview of the economic literature in the field. We discuss strengths and weaknesses of various methods for evaluation of measures, and put special emphasis on literature that analyzes how behavioral changes affect the effectiveness of policy instruments (known as rebound effects). The main focus for the discussion of the empirical literature is on Norwegian studies. If there are no adequate Norwegian studies, we use examples from studies in other countries and discuss the transfer value to Norwegian conditions.

The report defines important concepts, including various sources of rebound effects based on economic theory, and discusses differences between energy efficiency, energy efficiency potential and energy conservation. The report gives a brief overview of various methods to evaluate impacts of policy measures and distinguishes between methods based on empirical observations and numerical model analyzes. We have structured the literature by method (empirical observations versus model analyzes), type of policy instrument, and by which sector the policy instrument is geared toward. We draw the following main conclusions:

- The bulk of regulations linked to energy efficiency and energy use in households and heating in businesses, are building regulations and energy labeling of appliances. There are no Norwegian studies of the effects of energy labeling of dwellings in Norway. A Danish study of energy labeling in residences finds no general efficiency of the energy labeling scheme on energy consumption in Denmark.
- The analyzes of heat pump ownership in Norway indicate that in some cases the potential for reduced energy use is not necessarily realized, and in some cases one can observe significant rebound-impacts of efficiency measures.
- The main reasons why pellet stoves have failed is the positive perceptions about other heating options, especially wood stoves and heat pumps. This illustrates why investment support is not a warranty for increased use of a specific energy source.
- Norwegian studies of experiments with automatic meter reading and demand side management show that there is potential to reduce energy consumption and streamline the entire energy system by moving load to less strained energy periods.
- Voluntary agreements that replace energy-fee duties have proven to trigger energy efficiency measures which would be profitable for firms even in the absence of a scheme (both in Norway and in Sweden).
- Evaluation of schemes with white certificates in some countries in Europa finds that the measures prove to be both private and social profitable.
- Computable, general equilibrium models (CGE-models) take into account many interaction effects and is a well suited tool to evaluate impacts of policy instruments. International studies find that expected collected energy savings (when regard is taken to rebound-effects) as a result of an energy efficiency measure will constitute about 40-80% of the initial energy efficiency potential.
- CGE-analyses show that energy efficiency measures are less effective than carbon pricing in reducing carbon emissions, because reduction in emissions happens via reduction in energy consumption and not via substitution away from carbon-intensive energy technologies that will be the case with carbon pricing.

- CGE analyses also find that implementing energy standards related to the use of energy for heating and cooling, and energy use in technical equipment will have less effect if they not encompass all buildings, sectors and types of equipment. In addition the energy efficiency standards should be tightened over time for to maintain their dynamic effects.
- The CGE analyses find, in contrast to the microeconomic analyses, that the rebound effects do not completely outweigh the initial energy efficiency potential and energy use falls. However, we cannot compare the different analyses since both the implemented regulations and the model frameworks differ substantially, and there are no analyses that are comparable with regard to the kind of regulations in both a micro economic and a macroeconomic model framework.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
Abstract.....	6
1. Innledning.....	9
2. Definisjon og diskusjon av begreper	10
2.1. Definisjon av begreper	10
2.2. Rebound-effekter	10
2.3. Energieffektivitet og substitusjonseffekter	12
3. Offentlig virkemiddelbruk	13
3.1. Begrunnelse for offentlig virkemiddelbruk	13
3.2. Kategorisering av virkemidler	13
4. Metoder for evaluering av virkemidler	14
4.1. Prinsipper for evaluering	14
4.2. Metoder basert på empiriske observasjoner	15
4.3. Numeriske modellanalyser	18
5. Litteratur om effekter av virkemidler.....	21
5.1. Studier basert på empiriske observasjoner	21
5.2. Numeriske modellanalyser	30
6. Overføringsverdien til norske forhold	33
7. Oppsummering og konklusjoner.....	34
Referanser.....	37
Vedlegg A: Prosjektbeskrivelse fra OED.....	42
Tabellregister.....	43

1. Innledning

For å nå klimamål og mål om redusert energiforbruk er det de siste tiårene satt i verk ulike virkemidler for å fremme energieffektivisering (se for eksempel Olje- og energidepartementet 2009). For å få en forståelse av hvordan ulike offentlige virkemidler for å øke energieffektiviteten påvirker adferd og energiforbruk i Norge, og for å kunne evaluere om virkemidlene har virket etter hensikten, ble vi forespurt av Olje- og energidepartementet å gi en gjennomgang av litteraturen på feltet.

I denne rapporten gis en kartlegging av hva litteraturen på feltet finner av effekter av ulik virkemiddelbruk, både teoretisk og empirisk. Rapporten diskuterer styrker og svakheter ved ulike metoder for evaluering av virkemidler, og legger spesielt vekt på litteratur som diskuterer hvordan adferdsendringer som følger av virkemiddelbruken påvirker effektiviteten av virkemiddelet (såkalte rebound-effekter). Siden formålet er å se på måloppnåelsen i forhold til energiforbruk av norske virkemidler, avgrenser vi studien til å gjelde økonomisk litteratur med fokus på empiriske norske studier. Der det er mangelfullt med norske studier, gis eksempler fra utenlandske studier samt en diskusjon av overføringsverdien til norske forhold.

Vi starter i kapittel 2 med å definere viktige begreper, og diskutere forskjellen mellom energieffektivisering, energieffektiviseringspotensiale og energisparing. I den forbindelse diskuteres ulike kilder til rebound-effekter basert på økonomisk teori. I kapittel 3 gis en gjennomgang av virkemiddelbruk for å redusere energibruken og øke energieffektiviseringen i ulike sektorer. Kapittel 4 gir en kort oversikt over ulike metoder for å evaluere effekter av offentlige tiltak, samt en diskusjon av fordeler og ulemper med de ulike metodene. Kapittel 5 gir en oppsummering av litteraturen på feltet, sortert etter metode for evaluering og type virkemiddel. I kapittel 6 diskuteres overføringsverdien av utenlandske studier til norske forhold. Kapittel 7 oppsummerer og trekker konklusjoner.

2. Definisjon og diskusjon av begreper

Ulike begreper knyttet til energieffektivisering blir ofte brukt litt tilfeldig og uten en klar definisjon. Det gjør det vanskelig å vurdere og sammenligne studier. Vi vil derfor gi en definisjon av begreper som vi benytter i denne rapporten før vi diskuterer de ulike begrepene utfra økonomisk teori.

2.1. Definisjon av begreper

Energieffektivisering er å bruke mindre energi for å oppnå samme ytelse (komfort eller produksjon), dvs. reduksjon i energiforbruk per produsert enhet.

Energieffektiviseringspotensialet er den energireduksjonen som er mulig å oppnå med et bestemt energieffektiviseringstiltak for gitt ytelse, dvs. den størst mulige effekten på energiforbruket av et tiltak, alt annet likt. Omtales også som det tekniske energisparepotensialet.

Energisparingen som følge av et tiltak er differansen mellom energiforbruk før og etter tiltaket alt annet likt, dvs. endringen i faktisk realisert energibruk når alle andre faktorer som påvirker forbruket er konstant. Energisparing kan oppnås gjennom energieffektivisering og/eller gjennom reduksjon av energibruk ved å avstå fra eller redusere ytelsen (komfort/produksjon).

Rebound-effekter av et energieffektiviseringstiltak er differansen mellom energieffektiviseringspotensialet og endringen i faktisk energibruk.

2.2. Rebound-effekter

Endringen i faktisk energibruk som følge av et energieffektiviseringstiltak vil være en kombinasjon av energieffektiviseringspotensialet og eventuelle adferds- og markedsendringer som måtte følge av tiltaket. I mange tilfeller vil adferds- og markedsendringene som følger av et effektiviseringstiltak øke energiforbruket, alt annet likt, og dermed redusere effektiviteten av tiltaket. Disse tilbakevirknings-effektene på energiforbruket kalles gjerne rebound-effekter i litteraturen. Rebound-effektene kan bestå av mange elementer som gir markeds- og adferdsendringer, og vil være avhengige av om man ser på effektene for konsumenter og produsenter partielt eller på økonomiovergripende effekter. I denne rapporten vil vi bruke et økonomisk rammeverk for å diskutere konsekvensene for energiforbruket av energieffektiviseringstiltak. Vi vil i hovedsak følge Turner (2009), som diskuterer rebound-analyser i lys av økonomisk teori.

Vi setter opp følgende effekter på energiforbruket som følger av en energi-effektivisering for den enkelte produsent/konsument:

- i) *Effektivitetseffekten*: Dette er den direkte effekten som følger av teknologiendringen slik at konsumenter og produsenter trenger å bruke mindre energi for å opprettholde et gitt produksjons- eller komfortnivå. Dette tilsvarer *energieffektiviseringspotensialet*.
- ii) *Den direkte priseffekten*: Effekt som oppstår fordi et energieffektiviseringstiltak vil redusere nyttiggjortprisen (dvs. prisen korrigert for virkningsgrad) på energibæreren som er blitt mer effektiv i bruk. En reduksjon i nyttiggjortprisen vil føre til at etterspørselen etter godet som er blitt effektivisert øker (alt annet likt). For eksempel vil installering av en varmepumpe redusere strømutgiftene per innetemperaturgrad (nyttiggjortprisen). Billigere oppvarming leder isolert til større varmemeforbruk.
- iii) *Substitusjonseffekt*: Reduksjonen i nyttiggjortprisen innebærer en endring i relative energipriser. Det vil medføre en endring i sammensetningen av

energibruken i produksjonen/konsumet ved at etterspørselen etter alternative energikilder reduseres (alt annet likt).

- iv) *Skala-/inntektseffekt*: Reduksjonen i prisen vil medføre økt kjøpekraft for husholdninger og bedrifter etter at energiutgiftene er betalt. Denne kostnadsreduksjonen vil kunne medføre at man ønsker å øke produksjonen av varer og tjenester eller komfortnivå. For husholdningene vil det føre til en økning etterspørselen etter alle varer og tjenester, inkludert energi.¹ For bedriftene vil det medføre en økning i etterspørselen etter alle innsatsfaktorer.

Summen av alle disse effektene gir de initiale effektene på energietterspørselen av energieffektiviseringstiltaket hos den enkelte husholdning og produsent. Punkt i) er effektivitetseffekten av tiltaket, mens punktene ii) – iv) er rebound-effektene.

Effekten i punkt i) innebærer at etterspørselen etter godet som er blitt mer energieffektivt reduseres, punkt ii) at etterspørselen etter godet som er blitt mer effektivt øker, punkt iii) at etterspørselen etter alternative energigoder reduseres, mens iv) innebærer at etterspørselen etter alle goder øker. Hva som skjer med etterspørselen etter energigoder som følge av disse effektene er dermed ikke gitt fra teorien, og vil avhenge av hvilke av disse effektene som er sterkest. Som regel, men ikke alltid, er effektivitetseffekten sterkere enn rebound-effektene, og i disse tilfellene vil etterspørselen etter energi (eventuelt etterspørselen etter den energivaren som blir mer effektiv i bruk) reduseres.

I tillegg til effektene på etterspørselen av et energieffektiviseringstiltak, vil det oppstå *markedseffekter*. Markedseffekter oppstår fordi energieffektiviseringstiltak vil skifte etterspørselskurven for energi (og ev. andre goder som berøres), og markedsprisen(e) vil endres. Disse effektene på markedsprisene består av:

- v) *Produksjons- og konkurranseeffekter*: Prisene på produkter som bruker energi som innsatsfaktor faller, både fordi nyttiggjortprisen på det mer effektive energigodet er lavere og fordi markedsprisen på energivarer faller som følge av lavere etterspørsel. For energibruken totalt, vil denne effekten bli modifisert av økt etterspørsel etter godet som blir mer effektivt i bruk og av den generelle inntektseffekten i konsumet. Energiintensive varer vil bli billigere å produsere og prisen på disse kan falle.
- vi) *Makroøkonomiske effekter*: Priseeffektene via markedet vil påvirke tilbudet av energi og andre varer og tjenester, og samspillet mellom tilbuds- og etterspørselseffekter vil være med på å bestemme den endelige effekten på energiprisen og energiforbruket.

Via alle disse effektene vil samlet produksjon, konsum og investeringer i økonomien påvirkes.² De partielle rebound-effektene i mikro, ii)-iv), kan ikke summeres direkte med markedseffektene, v) og vi), men en makroøkonomisk modell som tar inn over seg samspillet mellom alle disse effektene vil gi kvantitative anslag på den samlede rebound-effekten på energiforbruket (se også diskusjonen i kapittel 4.3). Både Turner (2009) og Saunders (2015) påpeker betydningen av substitusjonselastisiteten mellom energietterspørsel og andre varer og innsatsfaktorer i henholdsvis konsumet og produksjonen for størrelsen på de ulike rebound-effektene, både for den enkelte produsent/konsument og for rebound-effektene via markedene.

¹ Her ser vi bort fra inferiøre goder, det vil si goder man ønsker å bruke mindre av når inntekten øker.

² Gillingham mfl (2013) kaller v) for makroøkonomiske priseeffekter og vi) for makroøkonomiske veksteffekter.

Den direkte priseffekten, ii), og substitusjonseffekten, iii), kan karakteriseres som *direkte rebound-effekter* i mikro, dvs. for den enkelte konsument eller produsent. Litteraturen varierer noe med hva som karakteriseres som *indirekte rebound-effekter*. For eksempel kaller Greening (2000) inntekts- og kostnadseffekter, markedseffekter og makroøkonomiske effekter *indirekte rebound-effekter*. Enkelte analyser, som kun ser på partielle mikroeffekter, utelater punktene v) og vi), og noen ganger karakteriseres også substitusjonseffekten iii) som en indirekte effekt. Det er generelt mange ulike definisjoner av rebound-effekter i litteraturen, også innen den økonomiske litteraturen. Man bør derfor være oppmerksom på hvordan begrepene benyttes.

2.3. Energieffektivitet og substitusjonseffekter

En annen avklaring av begrepsbruk gjelder sammensetning av energietterspørselen når ulike energibærere har ulik virkningsgrad; som elektrisitet, fyringsoljer og ved. For goder med lav virkningsgrad trenger man å tilføre mer energi for å få samme mengde nyttiggjort energi som når man bruker et energigode med høy virkningsgrad. Virkningsgraden avhenger ikke bare av energitype, men også av utstyret som benytter energien. Alle adferdseffektene nevnt ovenfor vil endre sammensetningen av energietterspørselen i produksjonen og konsumet. Hvordan rebound-effektene vil påvirke energieffektiviteten i energiforbruket avhenger derfor også av hvordan sammensetningen av energiforbruket endres. Ulike energigoder har til dels svært ulik virkningsgrad i ulike anvendelser. For eksempel har bruken av strøm til oppvarming i panelovner en virkningsgrad på 1, mens virkningsgraden for forbruk av fyringsoljer og ved vil variere mellom 0,5 og 0,8, avhengig av bl.a. ovnstype, værforhold og bruksmåte. Varmepumper skal ideelt sett ha en virkningsgrad over 1, men den avhenger av bl.a. pumpetype, utetemperatur, vedlikehold og bruksmåte.

Dersom et energieffektiviseringstiltak fører til en økning i andelen av energigoder med lav virkningsgrad, vil det bidra til å redusere energieffektiviteten i produksjonen/konsumet, alt annet likt. Årsaken til endringene i sammensetningen kan skyldes alle punktene i) – vi). Dersom alle energigoder/-bruksmåter hadde hatt samme virkningsgrad ville disse effektene vært null. Disse effektene kan enten øke eller redusere energieffektiviteten av tiltaket relativt til en situasjon hvor alle energigoder har samme virkningsgrad. Dette er en teknisk effekt på energi-effektiviteten av endringer i sammensetningen av energietterspørselen som følger av tiltaket, og kan ikke karakteriseres som en rebound-effekt.

3. Offentlig virkemiddelbruk

Rebound-effekter vil gjøre offentlig virkemiddelbruk for å redusere energiforbruket og/eller øke energieffektiviseringen, mindre effektiv. I tillegg vil bruken av ett virkemiddel kunne ha effekter på oppnåelsen av andre mål i energi- og miljøpolitikken. I en evaluering av slike virkemidler er det derfor viktig å diskutere oppnåelse av andre mål i tillegg til effektene på energiforbruket og energieffektiviteten.

3.1. Begrunnelse for offentlig virkemiddelbruk

Bruk av offentlige virkemidler for å fremme energieffektivisering begrunnes gjerne i markedsimperfeksjoner, begrenset rasjonalitet og barrierer knyttet til å ta i bruk ny teknologi, som fører til at det samfunnsøkonomisk optimale energieffektiviseringspotensialet ikke utløses. Som i Gillingham mfl. (2009) kan potensielle markedsimperfeksjoner inndeles i:

- i) *Miljøeksternaliteter*: Innebærer at prisen på energigoder ikke blir lik marginal-kostnaden i energimarkedene. Dersom markedsprisen er lavere enn marginal-kostnaden for samfunnet, vil det generelt konsumeres for mye av godet.
- ii) *Likviditetsskranker i kapitalmarkedet*, som gjør at man får for lite investeringer i nytt og mer energieffektivt produksjonsutstyr relativt til andre investeringer.
- iii) *Imperfeksjoner i markedet for nye teknologier* knyttet til kunnskapsspillover-effekter av forskning og utvikling, læringseffekter og andre sprednings-eksternaliteter av ny teknologi. Disse effektene gjør at det investeres for lite i forskning, utvikling og spredning av ny og mer energieffektiv teknologi.
- iv) *Informasjonsimperfeksjoner*, som at ikke alle har samme tilgang på informasjon. Her inngår problemstillinger knyttet til asymmetrisk informasjon og at beslutningene tas av andre (prinsipalen) enn den som skal bruke utstyret (agenten).
- v) I tillegg vil potensiell *begrenset rasjonalitet* hos aktørene (produsenter og konsumenter) gjøre at adferden ikke kan karakteriseres ved den tradisjonelle rasjonelle aktøren i mikroøkonomisk teori, selv om de har perfekt informasjon. Dette kan dreie seg om risikoaversjon, strategier for å begrense valgmulighetene og nærsynthet i investeringsbeslutninger. Slik begrenset rasjonalitet vil, i mange tilfeller, kunne medføre en underinvestering i energieffektivt utstyr.

Flere av disse markedsimperfeksjonene og teknologibarrierene gjelder generelt for økonomien og krever generelle virkemidler. Disse virkemidlene skal gi et positivt bidrag til samfunnsøkonomisk effektivitet, og økt energieffektivitet og energisparing kan være tilleggseffekter ved virkemiddelbruken. På den annen side formuleres det også eksplisitte delmål om energieffektivisering og energisparing (se for eksempel EU, 2014). Virkemiddelbruk for å nå slike eksplisitte målsettinger kan bidra både positivt og negativt til samfunnsøkonomisk effektivitet. Det siste vil gjerne gjelde dersom det kommer i konflikt med andre virkemidler som skal bidra til økt samfunnsøkonomisk effektivitet, eller det samspiller med andre virkemidler i økonomien som ikke er effektivitetsfremmende.

3.2. Kategorisering av virkemidler

Offentlige økonomiske virkemidler kan grupperes i to hovedkategorier: direkte reguleringer og markedsbaserte virkemidler.

- i) *Direkte reguleringer* omfatter lover og regler som legger konkrete føringer på aktørenes handlingsrom. Eksempler på direkte reguleringer i energipolitikken er krav om bruk av best tilgjengelig teknologi i produksjon, pålegg om utskiftning av gammel teknologi (oljefyrer), produkt- og teknologistandarder (f.eks. bygningsforskrifter), og krav til synlig energimerking av boliger og produkter.
- ii) *Markedsbaserte virkemidler* setter ikke spesifikke krav til adferd, men gir aktørene et økonomisk insentiv til å endre adferd. Virkemidlene endrer prisene som aktørene står overfor, og vil dermed påvirke deres beslutninger. Markedsbaserte virkemidler omfatter avgifter, subsidier, omsettbare kvoter og sertifikater.

En tredje gruppe av virkemidler, som er mye brukt for å stimulere energieffektivisering, er basert på frivillige adferdsendringer hos aktørene. Denne typen virkemidler karakteriseres ofte som *myke virkemidler*. Eksempler på slike virkemidler er:

- iii) *Frivillige avtaler* mellom myndighetene og økonomiske aktører, som innebærer at en gruppe av private aktører «frivillig» påtar seg å oppfylle visse mål. Det er imidlertid ulik grad av frivillighet i denne type avtaler. Ofte er avtalen motivert utfra en form for trussel om bruk av alternative virkemidler ved fravær av deltagelse.
- iv) *Enøk-rådgivning og informasjonskampanjer*: En stor del av virkemiddelbruken for å øke energieffektiviseringen i eksisterende bygg er knyttet til informasjonsarbeid. Dette er tiltak som «Enova anbefaler» og andre enøk-rådgivningstjenester rettet mot bedrifter og husholdninger. Det gjennomføres også informasjonsarbeid i regi av kommuner og andre offentlige og private instanser for å øke bevisstheten i befolkningen rundt disse problemstillingene. Målsettingen med dette informasjonsarbeidet er å øke spredningen av ny teknologi som kan redusere energibruken og øke energieffektiviteten. Begrunnelsen for denne typen informasjonsarbeid er å oppveie for informasjonseksternaliteter og drive holdningsskapende arbeid.

I mange tilfeller vil man se at en forordning/et direktiv inneholder en blanding av ulike typer virkemidler, rettet mot flere aktører for å nå ulike målsettinger. Et eksempel på dette er at man i EUs elmarkedsdirektiv pålegger medlemslandene å øke forsyningssikkerheten ved å sette i verk tiltak for å stimulere energisparing og –effektivisering i etterspørselen (Direktiv 2003/54/EF). Dette er tiltak som automatisk utkobling av last hos husholdninger og produsenter (frivillig avtale), samt tiltak for å øke prisresponsen i markedet på kort sikt ved å tilby timesvarierende priskontrakter (markedsincentiver). I litteraturen omtales slike tiltak som *Demand side management*-tiltak. For å sikre at slike tiltak settes i verk, regulerer myndighetene nettselskapene, bl.a. ved krav om automatisk måleravlesning av alle kundegrupper innen 2019 (direkte regulering).

4. Metoder for evaluering av virkemidler

4.1. Prinsipper for evaluering

Når man vurderer effekten av et tiltak vil man ideelt sett sammenligne to tilstander som i utgangspunktet er helt like, men der man innfører et tiltak i ett av dem. Det sier seg selv at dette ikke er mulig i praksis. Så snart et tiltak er gjennomført er det ikke lenger mulig å observere hva situasjonen hadde vært uten tiltaket. Man kan imidlertid i best mulig grad søke å anslå tilstanden som ville inntruffet dersom et

virkemiddel ikke hadde vært tatt i bruk. Denne kontrafaktiske tilstanden kan så benyttes for å vurdere virkningen av et tiltak relativt til den observerte tilstanden.

Vi bruker betegnelsen *kontrafaktisk politikkanalyse* om slike beregninger. Jo bedre man er i stand til å beskrive den kontrafaktiske tilstanden, dvs. korrigere for andre ting som kan variere mellom de to tilstandene, jo bedre grunnlag gir analysen for kausale slutninger om tiltakets effekt.

De fleste empiriske analyser beregnes effektene av virkemidlene *etter* at tiltakene er gjennomført (*ex post*). Det er også vanlig å konsekvensutrede ulike virkemidler og tiltak *før* de blir implementert i økonomien (*ex ante*) for å avdekke kostnader og effekter på energibruk og andre variable. Man konstruerer da gjerne en forventet utvikling for (deler av) økonomien uten tiltak (referansebane/referansetilstand). Referansetilstanden kan også være observasjoner av dagens nivå på ulike kriterievariable. Så beregner man hvordan tiltaket endrer den økonomiske tilstanden i forhold til referansebanen/referansetilstanden. Til dette kan en bruke tekniske beregninger av for eksempel energieffektiviseringspotensialet, analysere hypotetiske valgsituasjoner og eksperimenter, eller benytte partielle modeller og generelle modeller av hele økonomien. Differansen mellom referansen og den beregnede effekten vil da være den forventede konsekvensen av tiltaket. Disse beregningene vil imidlertid ikke være kontrafaktiske, men mer hypotetiske.

Både i kontrafaktiske politikkanalyser og i konsekvensutredninger benyttes mange ulike metoder og modeller for evaluering av virkemidler. Evalueringen kan være basert på *modellanalyser*, der virkningene beregnes ved hjelp av en numerisk modell som beskriver økonomiske sammenhenger. Alternativt kan man bruke ulike former for analyse basert på empiriske observasjoner og enkle statistiske metoder (*deskriptiv statistikk*) eller mer avanserte statistiske analysemetoder (*økonometrisk analyse*), for å beregne effektene av et virkemiddel.

Deskriptive politikkanalyser kan være en blanding av modellsimuleringer og empiriske observasjoner. De kan enten ta utgangspunkt i numeriske beregninger av det tekniske energisparepotensialet, som sammenlignes med observerte størrelser etter at tiltaket er gjennomført, eller bruke numeriske beregninger til å simulere ut hva som vil skje dersom tiltaket blir gjennomført og sammenligne dette med observasjoner av dagens nivå. Eksempler på slike analyser er mikrosimuleringsmodeller. Det finnes også andre eksempler på overlapp av metodebruk, ved at resultater fra økonometriske analyser (parameterverdier) implementeres i ulike markedsmodeller, som detaljerte energimarkedsmodeller eller økonomiover-gripende generelle likevektsmodeller (CGE-modeller).³ I hvor stor utstrekning slike metoder klarer å isolere kontrafaktiske sammenhenger vil variere fra studie til studie.

I denne rapporten har vi valgt å dele litteraturen inn i to hovedgrupper; analyser basert på empiriske observasjoner (kapittel 4.2) og numeriske modellanalyser (kapittel 4.3). Deskriptive politikkanalyser med hovedvekt på *ex post* evaluering av observasjoner kategoriseres som studier basert på empiriske observasjoner, mens *ex ante* evalueringer av planlagte politikktiltak blir behandlet sammen med numeriske modellanalyser.

4.2. Metoder basert på empiriske observasjoner

Det finnes flere ulike metoder som bruker empiriske observasjoner til å evaluere effekten av et virkemiddel. Den enkleste måten er å se på *deskriptiv statistikk*, som innebærer en sammenligning av gjennomsnittsverdier i ulike grupper eller på ulike

³ Såkalte makroøkonometriske modeller (for eksempel SSBs modell MODAG, Boug 2008) kan benyttes til analyser av makroøkonomiske effekter av politikktiltak på kort og mellomlang sikt, se for øvrig Bruvoll og Bye (2009).

tidspunkter, uten å korrigere for andre faktorer. Alternativt kan man bruke mer avanserte statistiske metoder, som for eksempel *økonometriske regresjonsanalyser*, for å sammenligne gjennomsnitt korrigert for ulike faktorer. Felles for disse metodene er at de er ex post evalueringer.

Observasjonene som er tilgjengelige vil være på ulike aggregeringsnivåer; enten mikroobservasjoner av husholdninger/bedrifter, data aggregert på ulike undernivåer (sektorer, kommuner, etc), eller aggregerte data for hele økonomien. Observasjonene kan også være aggregert over tid (måned, år). For strømforbruket kan man for eksempel ha timesforbruket for en husholdning eller (i den andre enden) årsforbruket i alminnelig forsyning. I noen tilfeller har man informasjon om mange andre variable som er relevante for energibruken, mens man i andre tilfeller kun har informasjon om energibruken.

Man skiller ofte mellom tre ulike typer data. *Tidsseriedata* inneholder informasjon om variasjonen i et sett variable for en bestemt enhet på ulike tidspunkter (time/dag/uke/måned/år). *Tverrsnittsddata* gir informasjon om variasjonen i et sett variable over ulike observasjonsenheter (husholdning/bedrift/region/land) på ett bestemt tidspunkt. *Paneldata* gir informasjon om variasjonen i et sett variable over ulike observasjonsenheter (husholdning/bedrift/region/land) og på ulike tidspunkter (time/dag/uke/måned/år).

Hvilken analysemetode man velger, avhenger bl.a av hvilke data man har tilgjengelig. Dersom man kun har informasjon om totalt energiforbruk i økonomien på to tidspunkter; før og etter innføringen av et tiltak, er en deskriptiv sammenligning av de to gjennomsnittene den eneste mulige løsningen. Mer detaljerte datasett åpner for muligheten til å gjøre mer avanserte statistiske analyser, som ulike former for økonometriske analyser. Ved å bruke mer avanserte økonometriske analysemetoder vil man i de fleste tilfeller bedre kunne sikre at analysen nærmer seg en beskrivelse av den kontrafaktiske tilstanden, fordi man kan kontrollere for at andre faktorer som har innflytelse på energibruken enn virkemiddelet har endret seg.

Deskriptiv statistisk metode

Vi bruker betegnelsen deskriptiv statistisk metode som en samlebetegnelse på studier som benytter en sammenligning av gjennomsnitts- eller spredningsmål på observerte data for én variabel i sine evalueringer, uten å gjennomføre en mer avansert regresjonsanalyse for å korrigere for andre faktorer av betydning. I forbindelse med energieffektiviseringstiltak, presenterer disse analysene gjennomsnittstall knyttet til tiltaket; som for eksempel kostnadsendringer, endret energibruk, eller samlet eller gjennomsnittlig forbedring i energieffektiviteten. I slike studier vil beregningsmetoden være basert på ex post sammenligninger av faktiske observasjoner, eller av faktiske observasjoner relativt til beregninger av det tekniske energisparepotensialet. Dette kan både dreie seg om observasjoner av adferd, aggregerte størrelser for en sektor eller for hele økonomien.

Deskriptive sammenligninger av faktisk observert adferd før og etter at et tiltak er iverksatt, eller en sammenligning av adferden til aktører som berøres av tiltaket og ikke, vil inneholde både energieffektiviseringspotensialet og potensielle rebound-effekter. Man skulle ut fra dette tro at det beste ville være å foreta en deskriptiv sammenligning av tall for hele økonomien, for å få med seg alle effektene av et virkemiddel. Men så lett er det ikke. I slike deskriptive analyser er det ikke mulig å skille effekter av effektiviseringstiltaket fra effekten av andre faktorer som påvirker energibruken, som priser, temperatur, renteendringer, endret sektorsammensetning. Dette vil være et problem så lenge beslutningen om å sette i gang et tiltak treffes av den enkelte husholdning eller bedrift, eller på andre måter ikke er tilfeldig fordelt i populasjonen. En sammenligning av energibruken før og etter innføringen av et

virkemiddel ved hjelp av deskriptiv statistikk vil i de aller fleste tilfeller ikke være nok til å sikre en kontrafaktisk sammenligning alt annet likt, med mindre ingen andre faktorer av betydning for energibruken har endret seg i løpet av perioden.

Økonometrisk metode

For å kunne gjennomføre økonometriske analyser trengs observasjoner av selve adferden, i tillegg til andre faktorer av betydning for adferden. Denne adferden kan enten være observert (*revealed preference*) eller hypotetisk (*stated preference*). Observasjoner av adferd hentes hovedsakelig fra offisiell statistikk, leverandørdata eller fra prøveordninger i ulike deler av markedet (eksperimentordninger).⁴ Informasjon om mikroadferd stammer hovedsakelig fra spørreundersøkelser, eksperimenter, registerdata eller informasjon fra leverandører. For å få tilgang til informasjon om hypotetisk adferd, må det gjennomføres separate undersøkelser som intervjuer husholdninger, bedrifter, eller andre aktører om hva de ville gjort i ulike hypotetiske scenarier. Disse intervjuene kan enten gjøres ved hjelp av spørreundersøkelser eller eksperimenter.

Evaluering av tiltak ved hjelp av økonometrisk metode og observert faktisk adferd vil alltid være ex post evalueringer av et virkemiddel. Det er imidlertid mulig å gjøre en ex ante evaluering ved hjelp av økonometriske metoder i kombinasjon med f.eks. hypotetiske valgeksp eksperimenter eller lab-eksperimenter (*stated preference data*). Det finnes også data som kombinerer faktiske observasjoner og en eksperimentsituasjon, som f.eks. felteksp eksperimenter, hvor man lager et eksperiment i en faktisk kjøpsituasjon. Økonometriske analyser gjør det mulig å korrigere for ulike faktorer som ikke skyldes tiltaket, samtidig som det er mulig å dekomponere de ulike rebound-effektene ved hjelp av den teoretisk økonometriske modelleringen av adferden.

Dersom man har paneldata, f.eks. data for enkelthusholdninger/-bedrifter i en periode før og etter gjennomføringen av et tiltak, vil de økonometriske analysene kunne gi tilnærmet kausale sammenhenger dersom analysen samtidig korrigerer for de fleste andre viktige faktorer for energibruken som varierer over tid (energipriser, temperatur, osv.). Dersom man kun har tverrsnittsdata tilgjengelig, f.eks. data for enkelthusholdning/-bedrifter på et gitt tidspunkt, vil en økonometrisk analyse (under visse forutsetninger) kunne gi tilnærmet kausale sammenhenger dersom noen aktører er «utsatt» for tiltaket, mens andre ikke er det. For å kunne sikre at en tverrsnittsanalyse gir en slik kontrafaktisk beskrivelse, må man ha et *naturlig eksperiment*. Det innebærer at det er helt tilfeldig hvilke aktører som får tiltaket og hvem som ikke får det. Selv om dette ikke er tilfelle, finnes det metoder for å korrigere for eventuelle seleksjonsskjevheter som måtte oppstå, men man vil da aldri kunne garantere at man er i stand til å korrigere for alle faktorer. Man vil imidlertid typisk komme nærmere en kausal sammenligning ved bruk av økonometriske metoder enn ved å bruke en enkel deskriptiv sammenligning på de samme dataene, siden man kan korrigere for flere forhold som varierer over tid og husholdninger/bedrifter.

Resultater fra aggregerte tidsseriedata kan ofte ikke gis en adferdstolkning, noe som er nødvendig for en kontrafaktisk sammenligning, fordi det er vanskelig å skille mellom adferdskomponenter og endringer i sammensetningen av forbruket mellom ulike grupper over tid (se Halvorsen og Larsen, 2013c for en diskusjon). Også her finnes det metoder for å korrigere for slike problemer, men man vil aldri kunne garantere at analysen er kontrafaktisk i slike tilfeller.

⁴ Et eksempel på en evaluering av en tilskuddsordning er evalueringen av Skattefunn-ordningen, Cappelen mfl. (2008).

4.3. Numeriske modellanalyser

Numeriske modellanalyser inkluderer partielle modeller (for eksempel for en sektor), og mer generelle og økonomiovergrepene modeller som partielle energimarkedsmodeller og makroøkonomiske likevektsmodeller, såkalte CGE-modeller (Computable General Equilibrium models). Numeriske modellanalyser benyttes oftest til ex ante evalueringer.

Modellene er basert på økonomisk teori og gir ofte en detaljert beskrivelse av økonomien, energietterspørsel og -produksjon, ulike teknologier og andre energi- og miljørelaterte forhold. Parametrene i produsentenes kostnadsfunksjoner og konsumentens etterspørselsfunksjoner er kalibrerte eller basert på økonometriske analyser. Resultatene fra analyser på slike modeller følger av de mekanismene og parameterverdiene som er lagt inn i modellen. En viktig styrke ved slike modellanalyser er at mange mekanismer og markeder virker sammen på en konsistent måte.

Effektene på energibruk og samfunnsøkonomiske kostnader defineres ved differansen mellom resultatene fra en modellsimulering med ett eller flere virkemidler implementert, med en modellberegnet referansebane som skal representere den forventede utviklingen uten virkemidlene.⁵

Dersom parameterne i modellene er estimert over en tidsperiode, enten på tidsseriedata eller paneldata, vil de inneholde elementer av teknologisk utvikling som ligger i datamaterialet. Hvis det ikke spesifiseres en eksplisitt trend- eller teknologivariabel med en tilhørende estimert parameter, vil slike trend- eller teknologieffekter være innbakt i andre parametre i modellen, som pris- og inntektselastisiteter. Dette kan bidra til at effekter av ulike tiltak overvurderes. Generell teknologisk utvikling innebærer at energibruken også blir mer effektiv, og analyser av energieffektiviseringstiltak må skille mellom effekter av den generelle teknologiske utviklingen og særskilte tiltak.

Partielle sektoranalyser

Sektormarkedsmodeller modellerer både tilbuds- og etterspørselssiden i en bestemt sektor. Reguleringer av energiintensitet, såkalt «best available technologies» (BAT) og støtte til en spesiell type energieffektiviseringstiltak, kan analyseres innenfor en markedsmodell for den relevante sektoren. Direkte reguleringer og kostnader/subsidier faller direkte på den aktøren som blir regulert. Effekter på samfunnsøkonomiske kostnader, i form av endringer i konsument- og produsentoverskudd, kan beregnes i slike sektoranalyser. Anslag på samspillseffekter med andre sektorer/aktører i økonomien og andre virkemidler for den relevante sektor/aktør inkluderes ikke i sektormarkedsmodeller. På den annen side kan sektormarkedsmodeller være mer detaljerte i modelleringen enn økonomiovergrepene modeller som CGE-modeller, som omtales i avsnitt nedenfor.

Energimarkedsmodeller benyttes til å evaluere enkelttiltak som er rettet inn mot mer detaljerte energiformer enn det som vanligvis er modellert i CGE-modeller. Da vil man få med samspillseffekter med andre energiformer både på tilbuds- og etterspørselssiden. For eksempel vil en subsidie til installering av mer energieffektive varmeovner ikke nødvendigvis føre til så stor reduksjon i elektrisitetsforbruket som følger av effektivitetseffekten (jf pkt i) i kapittel 2). Dette skyldes både reduserte elektrisitetspriser og at etterspørselen etter alle typer energiformer vil øke som følge av den positive inntektseffekten subsidien har for den representative konsumenten, jf punktene i)-v) i kapittel 2. Slike partielle modeller

⁵ Identifisering av effektene av et virkemiddel ex post kan også gjøres ved å lage anslag på hva som ville skjedd hvis virkemiddelet ikke hadde blitt innført, dvs. *kontrafaktiske modellberegninger*, se f.eks. Bruvoll og Larsen (2006).

kan beregne effekter på utslipp og energiintensitet innenfor en nærmere spesifisert del av økonomien. I Statistisk sentralbyrå er det utviklet partielle markedsmodeller for det nordiske energimarkedet (Aune, Bye og Hansen, 2005; Bye, Bruvoll og Aune, 2008) og det europeiske energimarkedet i samarbeid med Frisch-senteret (LIBEMOD, Aune mfl., 2008). Andre markedspriser, kostnader og ressurstilgang enn de som er bestemt i den partielle markedsmodellen er antatt konstante. Energimarkedsmodeller kan også brukes som undermodeller til, eller i samspill med, CGE-modeller for å ta hensyn til mer detaljerte energimarkedseffekter i samspill med effekter i andre markeder.⁶

CGE analyser

For å beregne de totale effektene på samlet energibruk, økonomisk velferd og forurensende utslipp av et virkemiddel, er det nødvendig å ta hensyn til samspills-effekter med alle andre sektorer og aktører i økonomien, jf punktene iii)-vi) i kapittel 2, i tillegg til samspillseffekter mellom ulike typer virkemidler. Direkte aggregering av de partielle effektene på energibruk for hver aktør vil stort sett overvurdere de samlede effektene. Generelle, numeriske, økonomiske likevekts-modeller (CGE-modeller) tar hensyn til mange slike effekter og er dermed et godt egnet verktøy for å evaluere samspillseffekter av virkemidler.⁷ En CGE-modell-analyse av de samme virkemidlene vil i de fleste tilfeller gi mindre reduksjoner i energiintensitet, energibruk og utslipp, og lavere samfunnsøkonomiske kostnader enn ved direkte aggregering av partielle effekter. Årsaken er at ressursene som blir ledige ett sted i økonomien vil finne alternativ anvendelse et annet sted, og fordi tilpasningen til virkemidler i noen tilfeller vil kunne skiftes over til steder hvor de gir mindre kostnader for samfunnet. På den annen side kan økt aktivitet i andre sektorer bidra til økt energibruk, jf pkt iv) og v) i kapittel 2. Nettoeffekten på energibruken og utslippene kan dermed bli mindre enn hva førsteordenseffekten tilsier.

En CGE-modell er egnet til å studere samlede effekter av ulike virkemiddelbruk både ex ante og ex post. CGE-modellene for slike analyser bør gi relevante beskrivelser av økonomien, energietterspørsel og -produksjon, ulike teknologier og andre energi- og miljørelaterte forhold. Parameterne i produsentenes kostnads-funksjoner og konsumentens etterspørselsfunksjoner bør være empirisk basert for å fange opp vesentlige deler av økonomien på en mest mulig korrekt måte. Utslippene knyttes til relevante økonomiske variable ved hjelp av utslipps-koeffisienter.

CGE-modeller kan også gi en detaljert beskrivelse av mange økonomiske virke-midler. Teknologiutvikling generelt kan tas hensyn til ved å spesifisere faktor-spesifikk teknologisk endring som en gitt trend. Det er også mulig å modellere endogen teknologiutvikling (skifte i teknologi som følge av virkemiddelbruk), enten i form av utvikling av nye teknologier eller ved at nye, kjente teknologier kommer inn (gitt at det er økonomisk lønnsomt for aktørene). I det siste tilfellet vil teknologiutviklingen påvirkes av økonomiens utvikling og bruk av virkemidler.⁸ Økonomiovergripende CGE-modeller kan si noe om såkalte rebound-effekter av energieffektiviseringstiltak, fordi modellene tar innover seg reperkusjoner og samspillseffekter i mange markeder, jf punktene i)-vi) i kapittel 2.

⁶ Såkalte bottom-up modeller er detaljerte teknologimodeller for valg mellom ulike typer energiteknologier, men hvor økonomiske effekter og adferdsendringer i liten grad er modellert. Rosenberg mfl (2013) er et eksempel på en slik modellanalyse. Vi går ikke nærmere inn på denne typen modeller her.

⁷ CGE-modeller er stort sett basert på mikroøkonomisk teori for konsumenters og produsenters atferd, satt inn i en konsistent makroøkonomisk sammenheng, se også Bye (2008).

⁸ Bye mfl (2008) presenterer en CGE-modell med endogen teknologisk utvikling, også for miljøteknologi. Modellen er anvendt til miljøøkonomiske analyser i Heggedal og Jacobsen (2011) og Bye og Jacobsen (2011). Fæhn og Isaksen (2016) er et eksempel på modellering og analyse av kjente klimateknologier.

Statistisk sentralbyrå sin generelle likevektsmodell MSG6 er et eksempel på en CGE-modell for Norge som har en detaljert beskrivelse av energi- og miljøforhold og klimavirkemidler, og som har vært benyttet til analyser av energi-effektiviseringstiltak (Grepperud og Rasmussen, 1998, 2004), og andre energi- og miljøøkonomiske tiltak, Bye (2008), Bye og Fæhn (2009) og Fæhn mfl (2010). Statistisk sentralbyrå er nå i ferd med å utvikle en ny generasjon av CGE-modeller for energi- og miljøøkonomiske analyser, se f.eks. Bøhringer mfl (2012), Greaker og Rosnes (2015) og Bye mfl (2015).

For di valg mellom ulike teknologier og teknologiutvikling er viktig når en skal analysere effekter av virkemidler i energi- og miljøpolitikken, er det også utviklet såkalte hybridmodeller, som er en kombinasjon av detaljerte bottom-up energi-modeller og partielle eller generelle likevektsmodeller. Slike hybridmodeller kan ta hensyn til samspillseffekter mellom ulike markeder, se f.eks. Giraudet mfl (2011) og andre (EMF 25, 2011).

CGE-modeller kan i prinsippet benyttes til å analysere mange typer virkemidler, men de er spesielt godt egnet til å analysere effekter av *økonomiske virkemidler* som avgifter, subsidier og kvotesystemer. Dette gjelder uavhengig av om virkemidlene er generelle økonomiovergripende virkemidler eller mer sektor- og varespesifikke.

Når det gjelder *direkte reguleringer*, er virkemidler som retter seg direkte mot å regulere bruken av energi ved f.eks. å sette et tak på energibruken, forholdsvis enkelt å implementere i CGE-modeller. Den tilhørende skyggeprisen beregnes ved CGE-modellen som også vil inkludere endrede kostnader og relative priser som følge av ringvirkninger i økonomien. Dette gjelder både om taket på energibruken gjelder for en aktivitet/sector eller samlet for flere aktiviteter/sektorer. Bye mfl (2015) er et eksempel på en slik analyse. Hvis reguleringen krever implementering av nye teknologier, kan dette også modelleres i CGE-modeller. Fæhn og Isaksen (2015) er et eksempel på dette.

CGE-modeller innebærer generell likevekt i alle markeder på ethvert tidspunkt. Virkemiddelbruk vil ofte medføre tilpasningskostnader som for eksempel kostnader knyttet til hvor raskt kapitalbeholdningen i en næring kan endres, eller tregheter i tilpasningen i arbeidsmarkedet som kan generere arbeidsledighet på kort/mellomlang sikt. Slike tilpasningskostnader vil påvirke de samfunns-økonomiske kostnadene ved virkemiddelbruk og er ofte nesten fraværende i CGE-modeller, se for øvrig Bye (2000) og Bjertnæs (2011) for unntak. Det innebærer at modellene er lite egnet til å si noe om kortsiktige tilpasninger til politikkendringer, men desto bedre egnet til å analysere hvordan den nye økonomiske likevektstilpasningen vil være som følge av virkemiddelbruk.

Et viktig premiss for å benytte en CGE-modell til å analysere effekter av virkemiddelbruk, er at modellen beskriver de mekanismene i økonomien som er sentrale for å forstå de relevante effektene. Dette gjelder aggregeringsnivå og parametere som er med å bestemme produksjon og forbruk av ulike varer, og hvordan disse reagerer på tiltak og virkemidler som endringer i avgifter, subsidier og pålegg om energieffektiviseringstiltak.

5. Litteratur om effekter av virkemidler

I denne litteraturgjennomgangen presenteres studier som evaluerer virkemidler for å fremme energieffektiviseringen. Det finnes i tillegg en del studier som kan si noe viktig om problemstillingen, selv om evaluering av virkemiddelbruk ikke er hovedtema for studien. Noen av disse er inkludert i denne gjennomgangen.

Litteraturen er delt inn i studier basert på empiriske observasjoner og numeriske modellanalyser. I diskusjonen av studiene gir vi kun en oppsummerende forklaring av funnene, med hovedfokus på norske studier. Detaljer er gitt i de refererte publikasjonene. Se også kapittel 6 for en diskusjon av overføringsverdien av utenlandske studier.

5.1. Studier basert på empiriske observasjoner

Tabell 5.1 gir noen eksempler på empiriske studier av effekter av virkemidler. Noen av disse studiene ser på ett bestemt tiltak, mens andre ser på ulike tiltak. I denne rapporten har vi valgt å klassifisere studiene etter virkemiddel.

Tabell 5.1 Empiriske analyser som studerer effekten av virkemidler for å øke energieffektiviteten

Virkemiddel	Målgruppe	Studie	Metode/data	Land
1. Direkte reguleringer				
Energimerking av boliger	Husholdninger	Curtis og Pentecost (2015)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Irland
Energimerking av boliger	Husholdninger	Majcen mfl (2013)	Deskriptiv statistikk / Mikro tverrsnittsdata	Nederland
Energimerking av boliger	Husholdninger	Kjaerbye (2010)	Deskriptiv statistikk / Mikro tverrsnittsdata	Danmark
Energimerking av hvitevarer	Husholdninger	Mills og Schleich (2010)	Propensity score / Mikro tverrsnittsdata	Tyskland
Energimerking av hvitevarer	Husholdninger	Murray and Mills (2011)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	U.S.
Energimerking av hvitevarer (se også punkt 3, ii)	Husholdninger	Kallbekken mfl (2013)	Økonometri / felteksperiment	Norge
Sparepærer	Husholdninger	Schleich mfl (2014)	Deskriptiv statistikk / modellberegninger	Tyskland
2. Markedsbaserte instrumenter				
i) Subsidier				
Evaluering av Enovas støtteordninger	Husholdninger	Bjørnstad (2005)	Deskriptiv statistikk / sammenligning av to år	Norge
Enovas investeringsstøtte til pelletsovn	Husholdninger	Lillemo mfl (2011a)	Deskriptiv statistikk / mikro tverrsnittsdata	Norge
Energieffektivisering av oppvarmingsutstyr	Husholdninger	Halvorsen og Larsen (2013a og b)	Økonometri på mikro tverrsnittsdata	Norge
Energisparing som følger av investeringer i energieffektivt oppvarmingsutstyr	Husholdninger	Halvorsen mfl (2016)	Kombinert økonometrisk og antropologisk studie	Norge
Subsidie til energieffektiviseringstiltak	Husholdninger	Bøeng mfl (2011 og 2013)	Deskriptiv statistikk / sammenligning av år og mikro tverrsnittsdata	Norge
Subsidie til pelletsovn	Husholdninger	Lillemo og Halvorsen (2013)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Norge
Subsidie til pelletsovn	Husholdninger	Lillemo mfl (2011b)	Deskriptiv statistikk / mikro tverrsnittsdata	Norge
Subsidie til pelletsovn	Husholdninger	Lillemo mfl (2013)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Norge
Investeringsubsidie	Industri	Bjørner og Jensen (2002)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Danmark
ii) Avgifter				
CO ₂ -avgift	Industri	Bjørner og Jensen (2002)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Danmark
iii) Hvite sertifikater				
	Energiselskaper / Husholdninger / Industri	Giraudet mfl (2012)	Deskriptiv statistikk. Sammenligning av studier. Noe ex ante, noe ex post	Storbritannia, Italia og Frankrike

Virkemiddel	Målgruppe	Studie	Metode/data	Land
3. Myke politikktiltak				
i) Frivillige avtaler:				
	Treforedling	NVE (2015)	Deskriptiv statistikk	Norge
	Energiintensiv industri	Stengvist og Nilsson (2012)	Deskriptiv statistikk	Sverige
	Industri	Bjørner og Jensen (2002)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Danmark
	Treforedling	Blomberg mfl (2012)	Deskriptiv statistikk	Sverige
ii) Informasjon og enøk-rådgivning				
Informasjon	Husholdninger	Murphy (2014)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Nederland
Enøk-rådgivning	Husholdninger	Mahapatra mfl (2011)	Deskriptiv statistikk / mikro tverrsnittsanalyse	Sverige
Enøk-rådgivning	Husholdninger	Nair mfl (2010)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Sverige
Informasjon om energibruk (nudging)	Husholdninger	Kallbekken mfl (2013)	Økonometri / felteksperiment	Norge
4. Demand side management				
Automatisk måleravlesning og automatisk utkobling av varmtvannstank	Husholdninger	Ericson (2009)	Økonometri / mikro paneldata for timesforbruk	Norge
Automatisk måleravlesning og timesvarierende strømpriser	Husholdninger	Ericson (2011)	Økonometri / mikro paneldata for timesforbruk	Norge
Automatisk måleravlesning og timesvarierende strømpriser	Husholdninger	Stokke mfl (2010)	Økonometri / mikro paneldata for timesforbruk	Norge
Automatisk måleravlesning, timesvarierende strømpriser og automatisk utkobling av varmtvannstank		Ericson (2006)	Økonometri / mikro paneldata for timesforbruk	Norge
5. Diverse virkemidler				
Evaluering av ulike virkemidler	Industri	Tanaka (2011)	Deskriptiv statistikk	Mange land
Evaluering av ulike virkemidler	Husholdninger	Chitnis mfl (2014)	Økonometri / mikro tverrsnittsdata	Storbritannia

Direkte reguleringer

Hovedtyngden av de direkte reguleringene knyttet til energieffektivitet og energibruk i husholdninger og oppvarming i bedrifter, foregår ved hjelp av byggeforskriftene. Det finnes tilnærmet ingen økonomisk litteratur av hvordan byggeforskrifter påvirker energibruken, verken norske eller utenlandske studier. Det finnes en ingeniør-litteratur på feltet som i all hovedsak baseres på beregninger av det tekniske energisparepotensialet.

Energimerking av boliger: I EU, som i Norge, er det et pålegg om energimerking av boliger basert på beregninger av såkalt teoretisk energibruk i boligen. Disse beregningene er basert på tekniske forhold ved boligen, og tar ikke inn over seg adferd.

Majcen mfl. (2013) sammenligner det teoretisk beregnede og faktiske forbruket av energi i 200 000 nederlandske husholdninger. De finner at husholdninger som bor i en bolig med god karakter bruker mindre energi enn de med dårligere karakter, men de finner også til dels store forskjeller mellom faktisk og teoretisk energibruk. Med unntak av gassforbruk i de høyeste energiklassene, ligger i hovedsak det faktiske forbruket høyere enn den teoretiske beregningen. Dette gjelder spesielt for bruk av strøm. De konkluderer med at selv om det ser ut som de skal nå utslippsmålene basert på de teoretiske beregningene, vil man i praksis (ex post) ikke klare å nå målene.

Curtis og Pentecost (2015) analyserer økonometrisk hvordan husholdningenes utgifter til energi endres med energiklassen til boligen, alt annet likt. De finner, som Majcen mfl. (2013), at energiutgiftene reduseres med høyere energiklasse (sammenlignet med tilsvarende bolig). De finner at reduksjonen i energiutgiften ser ut til å være stor nok til å dekke kostnadene ved en oppgradering av boligen til en

høyere energiklasse. De sammenligner imidlertid ikke faktisk energibruk med beregnet energibruk i boligen, og kan dermed ikke si noe om differansen mellom disse. Det er derfor usikkert om den individuelle sparingen er lik den potensielle teoretiske sparingen ved energieffektiviseringstiltakene.

Ingen av de overnevnte studiene kan svare på om innføringen av energimerkeordningen på hus medførte ytterligere energisparing, dvs. om husholdningene som følger merkeordningen i større grad enn før gjennomførte enøk-tiltak for å redusere energibruken. Kjaerby (2010) forsøker å besvare dette spørsmålet ved hjelp av en regresjonsanalyse (difference-in-difference-analyse) på et datasett for i underkant av fire tusen danske husholdninger, året før og i en treårsperiode etter innføringen av ordningen. Analysen sammenligner ellers like husholdninger i ulike klasser. Med unntak av for A-klassifiserte hus, finner de ingen signifikante effekter av å innføre ordningen. Analysen konkluderer dermed at de ikke finner noen generell effekt av denne energimerkeordningen på energiforbruket, og at dette er på linje med andre danske studier av energimerking av boliger.

Energimerking av hvitevarer: Både i Norge og i EU er det innført obligatorisk energimerking av hvitevarer. Det er generelt gjennomført få analyser, både internasjonalt og på norske data, av effekten av denne ordningen på den faktiske energibruken i husholdningene. Det finnes noen tekniske hypotetiske beregninger av energieffektiviseringspotensialet av ordningen, gjennomført av konsultantselskaper. Det finnes også en litteratur på i hvilken grad husholdningene faktisk kjenner til ordningen og hvordan denne kjennskapen påvirker kjøpet av hvitevarer (Murray og Mills, 2011). Det finnes også studier hvor man bruker hypotetiske valgeksperimenter for å identifisere husholdningenes betalingsvillighet for mer energieffektive hvitevarer (Sammer og Wüstenhagen, 2006). Ingen av disse studiene er imidlertid i stand til å evaluere hvorvidt innføringen av selve merkeordningen har ført til økt energisparing i befolkningen. Den eneste norske studien vi har funnet hvor man analyserer effekten av energimerking av hvitevarer er Kallbekken m.fl. (2013). Denne studien blir nærmere omtalt i avsnitt nedenfor om myke politikktiltak, siden hovedbidraget i studien er et felteksperiment for å se hvordan informasjon om energibruken (inkludert merking) i kombinasjon og tørketromler påvirker kjøpet av mer energieffektive produkter.

Diverse reguleringer, husholdninger: Schleich mfl. (2014) studerer rebound-effekter av overgang til mer energieffektiv belysning i Tyskland. Overgang fra glødepærer til mer energieffektive lyspærer er regulert i mange land. Dette illustreres ved hjelp av deskriptiv statistikk (mikrodata), numerisk eksempel og enkel teoretisk modell for brukstid og lysstyrke (bottom-up modell). Det er vanskelig å trekke konklusjoner fra denne studien, siden den ser bort fra potensielt viktige effekter, det foretas en rekke numeriske forutsetninger og den forholder seg ikke til usikkerhet.

Markedsbaserte instrumenter

Avgifter

Bjørner og Jensen (2002) estimerer industriens energietterspørsel i Danmark for å kvantifisere effekten av ulike virkemidler (karbonavgift, frivillige avtaler og investeringssubsidier). Effekten av energiskatter simuleres ved å beregne direkte endring i energipriser for hver bedrift dersom skatten ble fjernet og relatere disse endringene i energipriser til priselastisitetene til hver bedrift. De finner, ikke overraskende, at bedriftene ville hatt høyere energiforbruk dersom de ikke hadde betalt noen energiskatt.

Subsidier

Enovas støtteordninger til husholdninger: For å øke energieffektiviteten i boligoppvarmingen, gir Enova en støtte til husholdninger som ønsker å investere i pelletsovner, pelletskjeler, væske-vann og luft-vann varmepumper, sentralt varmestyringssystem og solfanger. Det ble også gitt støtte til luft-til-luft-varmepumper i 2003.

Bjørnstad (2005) evaluerer, på oppdrag fra Enova, Enovas tilskuddsordninger rettet mot husholdningene. For å evaluere effekten på energiforbruket av de ulike tiltakene, sammenlignes temperaturkorrigert gjennomsnittlig strømforbruk i to ulike år (2002 og 2004) i husholdningene som mottok ulike former for subsidier i 2003, og for husholdninger som valgte ikke å ta i mot støtten. Studien finner en betydelig reduksjon i strømforbruket for alle subsidiegruppene, og lavest reduksjon for pelletskamin. Et interessant funn er at man finner betydelige reduksjoner i gjennomsnittlig strømforbruk også for de husholdningene som valgte å ikke motta støtten. Dette skyldes trolig at strømprisene økte betydelig i løpet av perioden. Siden denne studien ikke korrigerer for endrede energipriser eller andre faktorer av betydning for strømforbruket, utover temperatur, er det usikkert hvor stor del av disse endringene som kan tilskrives energieffektiviseringstiltaket.

Lillemo mfl. (2011b) viser en tydelig endring av hovedoppvarmingskilde for husholdninger som mottok tilskudd fra Enova for investering i pelletsovn, basert på resultater fra en spørreundersøkelse av husholdninger som har mottatt støtte fra Enova. Det er særlig bruk av fossilt brensel som har blitt redusert. Både denne studien og Bjørnstad (2005) viser at husholdningene som har investert i disse oppvarmingsløsningene er godt fornøyd med det utstyret de fikk støtte til å installere. Ingen av disse studiene kan imidlertid si noe om hvordan investeringene påvirker forbruket av energi i husholdningene. Men siden det kun er en liten andel av norske husholdninger som har investert i pelletsovn og store varmepumper, er ikke virkningen av disse investeringene på energiforbruket veldig stor.

Lillemo mfl. (2013) gir innsikt i forbrukernes motiver for kjøp av oppvarmingsutstyr, basert på resultater fra en regresjonsanalyse av data fra en spørreundersøkelse om husholdningers valg av oppvarmingsutstyr (se også Sopha mfl. 2010 for en tilsvarende analyse). Analysen fokuserer på fire typer oppvarmingsutstyr: Vedovner og peiser, pelletsovner, elektriske varmeovner og luft-til-luft varmepumper. Resultatene tyder på at både beslutningen om å investere og valget av utstyr påvirkes av økonomiske og ikke-økonomiske faktorer, som egenskaper ved boligen, demografi, holdninger til miljøet, tidspreferanser og ønsket om å kvitte seg med gammelt utstyr. Studien finner at motiv om å spare kostnader hadde en betydelig effekt på sannsynligheten for å investere i varmepumpe, mens pelletskaminkjøpere var mer opptatt av miljøet. Vedovner var den mest populære av de fire utstyrstypene, mens pelletsovner var minst populært. Vedovner oppfattes også å ha en lavere investeringskostnad og lavere årlige utgifter til oppvarming, samt å være mer estetisk tiltalende enn pelletsovner. Pelletsovner skårer bedre enn vedovner bare med hensyn til miljø og tiden og innsatsen som kreves for å bruke utstyret, men for disse kriteriene skårer luft-luft varmepumper langt bedre enn pelletsovner. Pelletsovnenes lave markedsandel ser derfor ut til delvis å kunne skyldes at de kommer til kort, spesielt sammenlignet med varmepumpene og vedovner, på tross av offentlig subsidiering. Det samme resultatet finnes også i Lillemo mfl. (2011b). Lillemo og Halvorsen (2013) indikerer også at husholdninger som bruker en tradisjonell blanding av energikilder, som en kombinasjon av elektrisitet og ved (og fyringsoljer), ikke velger å bruke pellets.

Analysen av varmepumpeeierskap: Økt bruk av varmepumper er sett på som et viktig energieffektiviseringstiltak i husholdningene. Siden år 2000 har det vært en betydelig vekst i antall husholdninger som har skaffet seg varmepumpe, og per i

dag har om lag en fjerdedel av husholdningene installert en varmepumpe. Bøeng mfl. (2011 og 2013) diskuterer, på prinsipielt grunnlag, hvilke adferdsendringer man vil forvente å finne i mikro (se ii) – iv) i kapittel 2.2) som følge av energieffektiviseringstiltak. Studien gir noen eksempler på gjennomsnittlig strømforbruk i ulike husholdningstyper med og uten varmepumper basert på data på husholdningsnivå fra Statistisk sentralbyrås forbruksundersøkelser kombinert med informasjon om strømforbruk fra nettleverandørene. I studien sammenlignes også strømforbruket i husholdningene før og etter at varmepumpen ble installert. Resultatene viser at noen husholdninger reduserer strømforbruket mens andre øker det, noe som tyder på at rebound-effektene er betydelige. Disse er imidlertid ikke kvantifisert i studien. I gjennomsnitt gir det liten effekt på strømforbruket av at husholdningene anskaffer seg varmepumpe, og nedgangen i den totale energibruken ser ut til å være klart mindre enn energieffektiviseringspotensialet skulle tilsi.

Halvorsen og Larsen (2013a og b) og Halvorsen mfl (2016) studerer nærmere hvilke faktorer som karakteriserer husholdninger som har gått til anskaffelse av varmepumpe (luft-luft), og hva varmepumpeeierskap gjør med strømforbruket. Det brukes data på husholdningsnivå sammen med et økonomisk analyseverktøy for å dekomponere effekten på strømforbruket av varmepumpeeierskap på ulike adferds-komponenter som endring i innetemperatur og forbruk av andre energityper enn elektrisitet. Resultatene indikerer at utviklingen i andelen husholdninger som eier varmepumpe i stor grad har vært drevet av kostnadshensyn, siden alle pris- og inntektseffekter som er inkludert er sterke og signifikante. Husholdningene har investert i varmepumper for å spare fyringsutgifter og/eller øke komforten uten å øke kostnadene. Resultatene indikerer at det i hovedsak er husholdninger med stort behov for oppvarming, og dermed størst sparepotensiale, som har drevet den kraftige veksten i andelen husholdninger med varmepumpe. Resultatene viser også at husholdninger som eier varmepumper i gjennomsnitt bruker tilnærmet like mye strøm som andre husholdninger.⁹ Dette betyr at hele det tekniske *elektrisitets*-sparepotensialet motsvares av økt strømforbruk på grunn av adferdsendringer. Dette skyldes delvis at husholdningene øker innetemperaturen og reduserer forbruket av ved og fyringsoljer, men også på grunn av mange små adferdsendringer, bl.a. reduksjon i energisparetiltak. Samlet energiforbruk er imidlertid lavere for husholdningene med varmepumper.

Et annet viktig funn i disse studiene er at rebound-effektene er klart mindre for husholdninger som har mange ulike alternative oppvarmingskilder i tillegg til varmepumpen. Husholdninger som eier en varmepumpe holder en jevnere og dermed også høyere gjennomsnittlig innetemperatur i stuen enn andre husholdninger. Tilsvarende resultater er også funnet i antropologiske studier (Winther og Wilhite 2014 og 2015), hvor de finner at mange husholdninger sluttet å bruke nattsenking, holdt en jevn temperatur over hele døgnet og varmet opp deler av boligen de tidligere hadde latt stå kaldt etter at de skaffet seg en varmepumpe. Analysene i Dalen og Halvorsen (2013a og b) indikerer også at årsaken til disse store adferdsendringene er at en stor andel av norske husholdninger holder en lavere innetemperatur enn de synes er behagelig for å spare energi, penger, miljø og/eller ressurser.

Investeringsubsidier i industrien: Bjørner og Jensen (2002) estimerer industriens energietterspørsel i Danmark for å kvantifisere effekten av ulike virkemidler (karbonavgift, frivillige avtaler og investeringsubsidier). De finner ingen statistisk signifikant effekt av subsidiering av investeringer i industrien.

⁹ Disse resultatene er korrigert for at sannsynligheten for å eie en varmepumpe er korrelert med størrelsen på husholdningen, boligen og andre forhold som påvirker energiforbruket til husholdningen.

Hvite sertifikater

Omsettbare hvite sertifikater er et forholdsvis nytt virkemiddel rettet inn mot energieffektivisering. Det er basert på at myndighetene pålegger enkelte aktører, normalt kraftleverandør eller nettselskap, et krav om å iverksette kvantifiserte tiltak for å redusere energiforbruket hos andre aktører. Når tiltakene er iverksatt utstedes (hvite) sertifikatene av en uavhengig tredjepart og hvert sertifikat representerer en gitt mengde energi angitt i kWh, som i hovedsak beregnes ut fra en standardliste. Den forpliktete aktøren må selv skaffe seg sertifikater, enten ved å tilby energieffektiviseringstjenester selv, eller ved å kjøpe sertifikater fra en tredjepart som også utfører energieffektiviseringstjenester.

Selv om hvite sertifikater sies å være et virkemiddel for energieffektivisering skiller det ikke mellom energieffektivisering og andre tiltak for å redusere forbruket. I land som bruker dette instrumentet er imidlertid de fleste av tiltakene energieffektiviseringstiltak.

Hvite sertifikater ble innført i Storbritannia i 2002, i Italia i 2005 og i Frankrike i 2006. Utformingen varierer en del mellom landene. Giraudet mfl. (2012) vurderer kostnadene og gevinsten ved sertifikatordningene i disse landene. Det er brukt ulike metoder for å evaluere effektene av ordningene mht redusert energibruk. Den mest brukte metoden er ex ante beregninger med utgangspunkt i energi-effektiviseringspotensialet av tiltak. Det er imidlertid også foretatt ex post beregninger i Storbritannia og i Italia. I sammenligningen av ordningene mellom land er det ikke tatt hensyn til rebound-effekter. Rebound-effekter er imidlertid analysert i en separat studie av hvite sertifikater i Storbritannia (Lees, 2008).

Giraudet mfl. (2012) konkluderer med at kostnaden ved tiltakene per redusert kWh har vært betydelig lavere enn prisen på energi. Det er imidlertid store forskjeller mellom land. I Storbritannia var gevinsten av investeringene om lag tre ganger så store som i Frankrike. Dette forklares med teknologiske forskjeller og dermed også forskjeller i energisparepotensialet mellom land.

Evaluering av sertifikatordningen viser altså at det har blitt gjennomført en del tiltak som viser seg å være samfunnsøkonomisk svært lønnsomme. Siden disse tiltakene ikke var blitt gjennomført før sertifikatordningen inntrådte, kan det tyde på at det er noen markedsbarrierer/informasjonsbarrierer som blir overvunnet ved at ordningen med hvite sertifikater tvinger fram energieffektiviseringstiltak. Det er mulig det også er slike barrierer i Norge som ville blitt overvunnet dersom nettselskapene/energiselskapene hadde gått aktivt inn for å tilby løsninger. Det gjelder kanskje særlig for små enheter, der informasjonskostnaden for den enkelte aktør er stor i forhold til energieffektiviseringspotensialet.

Myke politikktiltak

Frivillig avtaler med treforedlingsindustrien i Norge. Bedrifter innen treforedlingsindustrien kunne søke NVE om å delta i et program for energieffektivisering. Programmet varte i 2004-2014 og var delt inn i hovedbolk 1 (2004-2009) og hovedbolk 2 (2009-2014). De bedriftene som ble godkjent fikk fritak for el-avgift. Dette er et eksempel på en frivillig avtale der deltagelsen blir motivert utfra «trusselen» om elavgift hvis man avstår fra deltagelse. Elavgiften (lav sats) var 0,45 øre/kWh, så det var klare økonomiske insentiver til å delta. Motytelsen var at bedriftene skulle etablere energiledelse, kartlegge el-effektiviserende tiltak og gjennomføre de av tiltakene som hadde tilbakebetalingstid på mindre enn tre år.

NVE (2015) har skrevet en kort rapport om programmet. I følge denne rapporten har programmet kostet staten 182 millioner kroner i tapt avgiftsproveny. Basert på opplysninger i rapporten har vi beregnet at hver krone investert i energi-effektiviseringstiltak sparte bedriftene 3 kroner i strømavgifter. Tiltakene var med

andre ord svært (privatøkonomisk) lønnsomme. I tillegg fikk bedriftene avgiftsfritak for all bruk av elektrisitet. I først hovedbolk deltok 12 bedrifter, og i andre hovedbolk deltok 8 bedrifter. I gjennomsnitt fikk alle bedriftene en gevinst i form av el-avgiftsfritak på 1,6 millioner kroner per år i hovedbolk 1 og 1,3 millioner kroner per år i hovedbolk 2.

Siden energieffektiviseringstiltakene var lønnsomme når bedriftene stod overfor en strømpris uten avgift, ville de være enda mer lønnsomme dersom bedriftene hadde måttet betale el-avgift. Det er derfor rimelig å tro at tiltakene hadde blitt implementert også dersom bedriften ikke hadde hatt mulighet for å unngå avgiften gjennom deltagelse i den frivillige avtalen.

Provenytapet er ikke i seg selv en kostnad ved ordningen, men en inntektsoverføring fra staten til de bedriftene som er omfattet av el-avgiftsfritaket. Det er imidlertid vanlig å regne med at det er samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til skattefinansiering, siden dette skaper vridninger i økonomien. I Norge har det vært vanlig å bruke en marginal skattefinansieringskostnad på 0,2 ved offentlige prosjekter (NOU 2012:16).¹⁰ Hvis vi legger dette til grunn, gir et provenytap på 182 millioner kroner en samfunnsøkonomisk kostnad på 36 millioner kroner. Fordelt på den samlede reduksjonen i GWh, gir dette en samfunnsøkonomisk kostnad per redusert kWh på 18 øre. Med en kraftpris på 30 øre betyr dette at avtalen er samfunnsøkonomisk lønnsom til tross for skattefinansieringskostnaden, men det kan likevel være mer lønnsomt å gi bedriftene el-avgift på linje med andre bedrifter. Når alle står overfor lik pris blir elektrisiteten brukt der den kaster mest av seg. Fritak for el-avgift betyr ikke bare at lønnsomme effektiviseringstiltak ikke blir gjennomført, det betyr også at det produseres for mye i de sektorene som har fritak. Frivillige avtaler som erstatning for avgiftsplikt vil, i tillegg til de store overføringene til industrien, kunne hindre samfunnsøkonomisk lønnsomme omstillinger i økonomien. Dette er nærmere diskutert i forbindelse med NOx-fondet i Norge, se Hagem mfl. (2014).

Frivillig avtale i Sverige: I Sverige har det vært et lignende system som avtalen med treforedlingsindustrien i Norge. Programmet for å forbedre energi-effektiviteten i svenske energiintensive næringer (PFE) rettet seg imidlertid mot all energiintensiv industri. Motivasjonen for å delta var fritak fra elavgiften på 0,5 Euro cent per kWh. Motytelsene var noe mer omfattende enn det norske systemet beskrevet over. Bedriftene skulle implementere et standardisert energiledelses-system og kartlegge energibruk og energisparetiltak. Listen over energisparetiltak skulle godkjennes av det svenske energibyrået. Tiltak med tilbakebetalingstid på mindre enn 3 år måtte implementeres. I løpet av de første to årene skulle bedriftene også etablere rutiner for energieffektiv prosjektplanlegging og innkjøp av elektrisk utstyr. Disse rutinene skulle følges i hele prosjektperioden. Den store administrative egeninnsatsen kan antagelig forklare at kun 10 prosent av de bedriftene som hadde rett til å delta, deltok i programmet. Disse bedriftene stod riktignok for 85 prosent av det samlede elektrisitetsforbruket i de bedriftene som hadde rett til å delta. For bedrifter med forholdsvis lavt elforbruk vil transaksjons-kostnaden typisk ikke oppveie gevinsten av fritaket for elavgift.

Stenqvist og Nilsson (2012) har vurdert effekten av det svenske programmet. De har blant annet benyttet en deskriptiv statistisk analyse der de har beregnet at PFE har ledet til betydelig lavere elforbruk enn det som ville ha fulgt av elavgiften (ved en priseelastisitet på -1). De finner at tiltakene som implementeres er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Forklaringen de gir på dette er at PFEs krav til energiledelsessystemer bidrar til mer oppmerksomhet rundt energieffektivisering, og dermed implisitt leder til mer og bedre informasjon om potensialet for profitable

¹⁰ Se også diskusjon av kostnader ved skattefinansiering i Christiansen (2015).

investeringer. Så mange som 80% av de bedriftene som deltok i PFE hevder at innføringen av energiledelsessystemer var gunstig for deres forbedring av energieffektiviteten.

Blomberg mfl. (2012) analyserer PFE innenfor treforedling ved hjelp av Data Envelopment analysis (DEA), som beregner avstanden mellom de mest effektive bedriftene og andre bedrifter. De finner at slike frivillige avtaler kan ha god effekt på teknologisk fremgang i sektoren (mer enn på enkeltbedrifter) spesielt dersom andre virkemidler (for eksempel offentlig støtte til forskning, informasjonsvirksomhet) benyttes i tillegg. PFE programmet har også bidratt til at enkeltbedrifter har økt sin elektrisitetseffektivitet (beveget seg nærmere teknologi-fronten). De konkluderer imidlertid også med at andre virkemidler rettet mot energieffektivitet i industrien kan være mer effektive (enn PFE), ikke minst virkemidler som innebærer sterke prissignaler.

Bjørner og Jensen (2002) benytter en mikro panel modell og estimerer industriens energietterspørsel i Danmark for å kvantifisere effekten av ulike virkemidler (karbonavgift, frivillige avtaler og investeringssubsidier). De finner at frivillige avtaler har gitt en signifikant reduksjon i energietterspørsel.

Enøk-rådgivningstiltak: I Norge kanaliseres mye av enøk-rådgivningen via Enova, men også andre private og offentlige aktører yter slike rådgivningstjenester. Det finnes noen studier som diskuterer kunnskapsnivå når det gjelder enøk-tiltak i selve bygningsstrukturen. Nair mfl. (2010) diskuterer hva som påvirker svenske husholdningers beslutning om å gjennomføre enøk-tiltak, og de kommer med anbefalinger om økt rådgivning. Men det gjennomføres ikke en evaluering av selve enøk-rådgivningstjenesten for energiforbruket, kun av kunnskapsnivå. Mahapatra mfl. (2011) har også gjennomført en studie hvor de kartlegger hva de svenske aktørene som gir råd om energiøkonomisering tror om kunnskapsnivået blant husholdningene, og hvordan de evaluerer selve ordningen. Vi kan imidlertid ikke finne noen studier som analyserer konsekvensen av enøk-rådgivning for faktisk energibruk.

Nudging: Informasjon om energibruk i ulike apparater i forbindelse med en kjøpsituasjon omtales ofte som nudging. En av de få norske studiene som er publisert internasjonalt på effekten av nudging om energibruk er Kallbekken m.fl. (2013), som bruker et felteksperiment for å se hvordan informasjon om energibruken i kombiskap og tørketromler påvirker kjøpet av mer energieffektive produkter. Informasjonen som ble gitt kundene var en kombinasjon av energimerking og informasjon fra personell som hadde fått ekstra opplæring om energibruken i de to apparatene. De finner ingen effekt på kombiskapene, men for tørketromlene finner de en effekt, spesielt av den informasjonen som personalet gir, men også av kombinasjonen energimerking og informasjon fra selger. Denne effekten er sterkest i begynnelsen av eksperimentperioden. Selv om denne studien finner en effekt av nudging på gjennomsnittlig energieffektivitet i solgte tørketromler, kan den ikke si noe om hvilken effekt dette vil ha på forbruket av energi (jf. diskusjonen av rebound-effekter).

Demand side management

Den type demand side management vi ser på her er en gruppe virkemidler hvis formål er å gi husholdningene incentiver til å flytte strømforbruket over døgnet. Eksempler på slike tiltak er installering av toveiskommunikasjon og automatisk måleravlesning, automatisk utkobling av store lastgrupper (som f.eks. varmtvannstank), timesvarierende priskontrakter og smarte målere som gir husholdningene informasjon om det løpende forbruket og/eller kostnader. Noen av disse tiltakene er direkte reguleringer, som kravet om automatisk måleravlesning, mens andre er mer

markedsbaserte, som tilbud om timesspot-kontrakter og automatisk utkobling av last.

Den opprinnelige motivasjonen for å innføre slike tiltak var å effektivisere energisystemet, ved at automatisk timesavlesning gir mulighet for å tilby timesvarierende prisavtaler, som f.eks. timesspotpris. Slike prisavtaler vil gi en bedre sammenheng mellom spot- og sluttbrukermarkedene (Ericson, 2007), og er spesielt viktig for å redusere topplasten i anstrengte perioder i kraftmarkedet. Mange har også argumentert med at slike tiltak også vil kunne redusere strømforbruket, ved at økt informasjon vil hjelpe husholdningene å bruke strøm mer effektivt.

Automatisk styring av varmvannsbereder: Ericson (2009) gir en analyse av hva som skjer med det løpende strømforbruket i husholdninger som får varmtvannstanken utkoblet automatisk i en time. Dette analyseres ved hjelp av en mikro-økonometrisk analyse på et paneldatasett av timesmålt strømforbruk for et utvalg husholdninger. I analysen korrigeres det for effekter av endrede strømpriser, sesongvariasjoner i strømforbruket, karakteristika ved husholdningen og variasjoner i utetemperatur, sollys og vindforhold. Resultatene fra studien indikerer at det er et visst energisparepotensiale av slike tiltak, men at mer enn halvparten av den initiale strømsparingen av utkoblingen forsvinner i økt forbruk når varmtvannstankene kobles til igjen. Dette er ikke en rebound-effekt, i og med at dette ikke skyldes adferdsendringer men tekniske forhold knyttet til at vannet i varmtvannstanken er blitt kaldere i løpet av den tiden tanken er koblet fra, og må varmes opp igjen. Studien viser også at forbrukstoppen på innkoblingstidspunktet er høyere enn forbrukstoppen ved utkobling. Det impliserer at dersom ikke varmtvannstankene kobles inn i sekvens, vil man kunne risikere å skape større problemer enn det man initialt ønsket å løse. Men dersom man tar hensyn til dette, vil et slikt virkemiddel kunne både å redusere forbrukstopper i kraftsystemet og redusere energiforbruket i husholdningene.

Automatisk måleravlesning og timesvarierende priser: Automatisk måleravlesning muliggjør å tilby husholdningene timesvarierende kraftpriser. Disse gir husholdningene økte incentiver til å spare strøm i perioder hvor strømprisen er høy. Ericson (2006 og 2011) analyserer prisresponsen hos husholdninger med ulike former for timesvariasjon i strømprisen, ved hjelp av paneldata for timesmålte husholdningers strømforbruk. Analysene viser at det er et potensiale for både å flytte last over døgnet og energisparing for husholdninger som har timesvarierende tariffer, sammenlignet med husholdninger på lengre kontrakter (fastpris, månedsspot eller variabelpriskontrakter). Et viktig funn fra Ericson (2006) er at det er viktig å samordne virkemidlene for å få ut denne prisresponsen. Det viste seg at dersom husholdningene hadde høy pris i de timene som varmtvannstanken ble koblet ut, hadde de ingen incentiver til ytterligere å spare strøm. For disse husholdningene, hadde timesvarierende kraftpriser ingen energisparende effekter.

Disse analysene ser på en gjennomsnittlig priseffekt over året. I Stokke mfl. (2010) er sesongvariasjonen i denne priseffekten beregnet. De finner klare og signifikante sesongvariasjoner i priseffekten, hvor responsen er spesielt høy midtvinters. Det indikerer at det er spesielt i oppvarmingen at husholdningene velger å endre adferden for å vri seg unna de høye strømprisene. De finner klare effekter av timesvarierte tariffer på *strøm*forbruket. De diskuterer imidlertid ikke hva som skjer med *energiforbruket*. En vridning fra strøm til ved og fyringsoljer i høyprisperiodene, vil både redusere energieffektiviteten i energiforbruket og øke mengden tilført energiforbruk i husholdningene.

Diverse virkemidler

Evaluering av diverse virkemidler, bedrifter: Tanaka (2011) gir en oversikt over ulike virkemidler rettet mot energieffektivitet i industrien i en rekke land (deriblant Norge). Implementerte, tidligere (avsluttede) og planlagte virkemidler de har funnet er blant annet regulering av effektivitet til prosessutstyr, regulering av energistyring (management), retrofitkontroll, frivillige avtaler, energiskatter, direkte energiskattereduksjoner (lettelser, fritak), direkte finansielle insentiver (lån og subsidier), cap-and-trade systemer. Arbeidet gir ingen kvantifisering av effekter på energiforbruk.

Evaluering av diverse virkemidler, husholdninger: Chitnis mfl. (2014) er en analyse av reboundeffekter av ti ulike husholdningstiltak for å redusere klimagassutslippene i Storbritannia. Syv av disse defineres som energieffektiviseringstiltak (isolering og utskiftning av ulike typer utstyr) og noen av disse er det knyttet virkemidler til (subsidier). De benytter et utvalg av husholdninger (6000) og estimerer utgiftsandeler (Engelfunksjoner) for ulike goder. Reboundeffektene deler de i tre: Ingeniøreffekt (reduksjon i utslipp gitt at konsumet av energitjenesten er uendret), innebygningseffekt (embodied effect) og inntektseffekt. Resultatene fra studien viser små reboundeffekter (0-32%) for tiltak rettet mot husholdningenes energibruk i Storbritannia og noe høyere (25-65%) for energibruk til biltransport. Forfatterne tar høyde for at effektene kan være underestimert (ikke alle effekter er fanget opp i analysen). De konkluderer også med at tiltak som innebærer subsidier eller retter seg mot høyt skattlagte energivarer kan være mindre effektive i forhold til å redusere samlede utslipp. Videre finner de at resultatene ikke underminerer grunnlaget for politikk rettet mot energieffektivisering, men at det er viktig å være klar over rebound-effekter. Forfatterne understreker betydningen av forsterket fokus på en generell karbonavgift.

Murphy (2014) studerer effekter på energieffektivitet i husholdninger som mottar personlig informasjon om sin husholdnings energiforbruk og boligkarakteristika (energy audits). De finner at husholdninger som får slik informasjon ikke gjennomfører, eller planlegger å gjennomføre, flere tiltak for energieffektivitet enn husholdninger som ikke mottar slik informasjon. Studien er en mikroøkonometrisk analyse av nederlandske husholdninger.

5.2. Numeriske modellanalyser

Det finnes mange eksempler på analyser av energieffektiviseringstiltak *ex ante* med CGE-modeller internasjonalt, men bare noen få for Norge. Barker mfl (2007), Turner (2009) og McKibbin mfl (2011) er eksempler på internasjonale analyser, mens Grepperud og Rasmussen (1998, 2004) er norske analyser som anvender en versjon av Statistisk sentralbyrå sin generelle likevektsmodell MSG-6. Derfor er mesteparten av studiene som omtales her utenlandske. I tabell 5.2 gis en oversikt over numeriske modellberegninger som studerer effekten av ulike virkemidler. Analyser av energieffektivisering og tilhørende tiltak i partielle markedsmodeller og økonomiovergripende (CGE) modeller dreier seg i stor grad om å vurdere effekter *ex ante*. Dette gjelder både for direkte reguleringer og markedsbaserte virkemidler som avgifter og subsidier.

Tabell 5.2 Numeriske modellanalyser som studerer effekten av virkemidler for å øke energieffektiviteten

Virkemiddel	Målgruppe	Studie	Metode	Land
1. Direkte reguleringer:				
Støtte til bruk av energieffektive løsninger	Alle (bygninger, transport mm) unntatt industrien	EMF (Energy Journal 2011)	Partielle energimarkedsmodeller, hybrid modeller, CGE modeller	USA, Canada, Frankrike
Økt energieffektivitet	Industrien, transport	Grepperud og Rasmussen (1998, 2004)	CGE-modell	Norge
2. Markedsbaserte instrumenter:				
i) Subsidier				
Skattefritak, rentefritak	Husholdninger, privat sektor	Giraudet mfl (2011)	Hybrid, energi-økonomi modell	Frankrike
ii) Avgifter				
Karbonskatt	Alle	EMF (Energy Journal 2011)	Partielle energimarkedsmodeller, hybrid modeller, CGE modeller	USA, Frankrike, Japan
Energiavgift	Alle	Paul mfl (2011)	Partiell elektrisitetsmarkedsmodell	USA
iii) Hvite sertifikater				
Hvite sertifikater, hypotetisk auksjon	Husholdninger, privat sektor	Paul mfl (2011)	Partiell elektrisitetsmarkedsmodell	USA
Hvite sertifikater, fleksible mekanismer	Husholdninger, privat sektor	Giraudet mfl (2011)	Hybrid, energi-økonomi modell	Frankrike

Direkte reguleringer

Et virkemiddel som innebærer regulering av en energistandard (krav til isolering, energibruk i maskiner, varmeovner mm) slik at energibruken skal bli mer effektiv, blir gjerne implementert i modellen som et eksogent skift i en teknologifaktor, Barker mfl. (2007), Turner (2009) og Paul mfl. (2011). Den direkte effekten av dette tiltaket er at energi blir relativt sett billigere. Hvilket tiltak som ligger til grunn for et slikt teknologiskift er sjelden spesifisert, men for å få utløst et slikt eksogent tiltak må det nesten alltid i praksis foreligge en form for subsidie/støtteordning eller en direkte regulering av teknologinivået, som innebærer en implisitt subsidie, Comstock og Boedeker (2011) og McKibbin mfl. (2011). For begrunnelse for en slik subsidie viser vi til diskusjonen om årsaker til virkemiddelbruk i kapittel 2.

Energy Modeling Forum (EMF) Working Group 25 (EMF, Energy Journal 2011) fokuserer på kostnadseffektive reduksjoner i energietterspørselen basert på 11 ulike studier av virkemidler for å fremme reduksjon i energibruk og karbonutslipp ex ante. Dette er modellanalyser som i stor grad benytter såkalte hybridmodeller som er en kombinasjon av detaljerte bottom-up energimodeller som kombineres med partielle eller generelle likevektsmodeller for å ta hensyn til samspillseffekter mellom ulike markeder. Virkemidlene som analyseres er støtte til å ta i bruk det mest energieffektive utstyret i husholdningene og privat sektor ellers, bortsett fra i industrien. Det trekkes noen hovedkonklusjoner fra disse studiene (Huntington og Smith, 2011).

For det første, i hvilken grad energieffektiviseringsmulighetene faktisk blir tatt i bruk avhenger av mange andre faktorer enn bare å minimere kostnadene ved et gitt sett av teknologimuligheter. Beslutningene vil avhenge av kvalitet, sikkerhet og mange andre egenskaper/attributter som kan ha lite å gjøre med energieffektivitet. I tillegg vil det være samspill med andre sektorer og markeder, såkalte rebound-effekter, jf. kapittel 2. Alle disse faktorene kan bidra til å redusere den potensielle gevinsten i energieffektivisering som er beregnet ut i fra rene teknologieffekter. Gillingham mfl. (2013) anslår rebound-effektene til å ligge i området 20-60% av energieffektiviseringspotensialet.

For det andre, som virkemiddel for å redusere karbonutslipp er energi-effektiviseringstiltak mindre effektive fordi reduksjonen i utslipp skjer via

reduksjon i energiforbruk og ikke via substitusjon vekk fra karbonintensive energiteknologier.

For det tredje, energistandarder som er knyttet til sluttbruk av energi i form av varme- og kjøleeffekter og energibruk i en del teknisk utstyr vil ha mindre effekt hvis de ikke omfatter alle bygninger, sektorer og typer utstyr. I tillegg bør energieffektivitetsstandardene strammes inn over tid for å opprettholde sine dynamiske effekter.

Det siste momentet som nevnes er at i hvilken grad subsidiering av energi-effektiviseringsinvesteringer vil være samfunnsøkonomisk effektivt avhenger av om markedsimperfeksjonene eksisterer kun for energieffektivt utstyr og ikke for andre typer kapitalutstyr. Det trengs mer forskning for å avgjøre hvilke typer imperfeksjoner som er til stede og i hvilken grad markedet for energieffektive teknologier skiller seg fra andre teknologimarkeder.

Det foreligger noen modellanalyser av direkte reguleringer hvor markeds-imperfeksjoner er modellert. Giraudet mfl. (2011) benytter en partiell hybrid energimarkedsmodell og ser eksplisitt på effekter av virkemidler når det foreligger imperfeksjoner som at leietaker ikke betaler for energibruken (såkalte «split incentives») og imperfekt informasjon knyttet til implementering av ny og mer energieffektiv teknologi. Disse blir gradvis utfaset ved mer informasjon og læringsprosesser, men blir stadig motvirket av utarming av potensialet for energieffektivisering og rebound-effekter.

Grepperud og Rasmussen (1998, 2004) ser på effekter av eksogene skift i energiproduktiviteten for en del produksjonssektorer i Norge ved hjelp av en generell likevektsmodell for norsk økonomi MSG-EE, Alfsen mfl. (1996). De finner signifikante forskjeller for effektene på energibruk og utslipp av klimagasser mellom de ulike produksjonssektorene. De finner at reboundeffektene er spesielt sterke for tradisjonell industri fordi mye av energibruken og utslippet av klimagasser er knyttet til selve produksjonsprosessen og derfor i liten grad påvirkes av energieffektiviseringstiltakene på lang sikt. For de andre sektorene er resultatene til dels motsatt – reboundeffektene er veldig små.

Markedsbaserte reguleringer

Flere av analysene som er med i EMF 25 studien (EMF, Energy Journal 2011), ser også på effektene av en økende karbonskatt og en skatt på varmeinnholdet i energibruken, i motsetning til en skatt knyttet til karboninnholdet. Studiene ser også på kombinasjoner av energieffektiviseringstiltakene kombinert med karbonskatt. En karbonskatt er det mest effektive virkemiddelet for å redusere karbonutslippene, men gir mindre reduksjon i faktisk energibruk enn energieffektiviseringstiltakene. Dette skyldes at karbonskatten gir insentiver til å substituere seg bort fra karbonintensive aktiviteter, inkl. energiaktiviteter, mens energieffektiviseringstiltakene regulerer nivået på energibruken uavhengig av karboninnhold. I tillegg bør energieffektivitetsstandardene strammes inn over tid for å opprettholde sine dynamiske effekter, som er sterkere ved en karbonskatt som øker over tid.

Det foreligger noen numeriske modellstudier av hvite sertifikater, hvor energi-produzentene får støtte til å gjennomføre tiltak hos sine etterspørere, se for øvrig omtalen av hvite sertifikater over. Paul mfl. (2011) ser på effektene av en subsidie per kWh som elektrisitetskonsumet blir redusert og sammenlikner med henholdsvis en energiavgift og en karbonskatt. Subsidie (prisen på det hvite sertifikatet) blir fastsatt i en modell der tilbudet av sparte kWh avhenger av etterspørselen etter elektrisitet. Paul mfl. (2011) finner at både energiavgift og en karbonskatt mer kostnadseffektivt reduserer energibruken enn den hvite sertifikatorordningen.

Effektene av en ordning med hvite sertifikater vil også avhenge av hvilke andre virkemidler som er til stede.

Giraudet mfl. (2011) ser nærmere på effekter av både skattekreditter for energi-effektiviseringsinvesteringer og rentefritak på lån til slike investeringer. Sammenliknet med en karbonskatt gir skattekreditter og rentefritak til høyere energiforbruk, spesielt fordi energieffektiviseringstiltak energieffektiviseringstiltakene ikke strammes til over tid, i motsetning til karbonskatten som øker over tid og dermed gir kontinuerlige dynamiske incentiver til ytterligere tiltak for å få ned energibruken.

Analyser av markedsbaserte virkemidler i energi- og miljøpolitikken som energiavgifter, karbonpolitikk, såkalte grønne skattereformer mm vil påvirke energieffektiviteten i økonomien, selv om energieffektivisering ikke har vært målet med virkemiddelbruken, se for eksempel Bjertnæs og Fæhn (2008), Bye og Fæhn (2009) og Fæhn mfl. (2013) for norske studier. Disse analysene rapporterer i liten grad den endogene endringen i faktisk energibruk som følger av tiltakene som analyseres. Fokuset i disse analysene er svært ofte effekter på utslipp av klimagasser, kombinert med effekter på samfunnsøkonomisk effektivitet.

6. Overføringsverdien til norske forhold

For mange offentlige virkemidler rettet mot energieffektivisering finnes det ikke litteratur som analyserer konsekvensene for norsk økonomi. Alternativet er da å gå til den internasjonale litteraturen for å finne resultater. Det store spørsmålet som oppstår er i hvilken grad de internasjonale analysene kan si noe om norske forhold. De fleste kvalitative egenskaper som også er forenlig med økonomisk teori (retning og viktighet av en effekt), vil kunne overføres uproblematisk mellom land. Det er imidlertid mange argumenter for at Norge ikke er sammenlignbart med de fleste andre land og at kvantifiseringen av effektene derfor har svært begrenset overføringsverdi.

For det første har Norge en næringsstruktur som avviker relativt sterkt fra andre land. Vi er en oljebasert nasjon, med en liten og åpen økonomi. Vi har også tradisjonelt sett hatt tilgang til mye og billig elektrisk kraft, noe som har resultert i en stor kraftkrevende sektor og at en stor del av boligoppvarmingen er basert på strøm. En lang og relativt kald fyringssesong gjør også at husholdningene har forholdsvis høyt stasjonært energiforbruk til oppvarming (og relativt lavt til air condition). Unikt for norske husholdninger er også at de aller fleste husholdninger har muligheter til å skifte mellom ulike energibærere i oppvarmingen, selv på svært kort sikt. Denne muligheten til substitusjon og andelen elektrisitet i energiforbruket, er fenomener vi nesten ikke ser i andre land.

Disse forholdene gjør at energiforbruket i mange norske sektorer, og sammensetningen av det totale energiforbruket, har til dels avvikende egenskaper sammenlignet med energiforbruket i de fleste andre land. Dette reduserer overføringsverdien av utenlandske studier til norske forhold, spesielt i anvendelser hvor vi er svært forskjellig fra det landet hvor studien er gjennomført (som for eksempel i studier av energiforbruk i husholdningssektoren).

Vår litteraturoversikt viser at det finnes få numeriske modellanalyser av effekter av energieffektiviseringstiltak for Norge, med unntak av Grepperud og Rasmussen (1998, 2004). Det er imidlertid mulig å trekke lærdom av de internasjonale studiene. Rebound-effekter i området 20-60% (Gillingham mfl, 2013) kan man forvente også vil finnes i Norge. Generelt lave elektrisitetspriser kan implisere at Norge ligger i det øvre sjiktet for slike effekter, på den annen side kan lave initiale

energikostnader gi en lavere inntektseffekt. At energieffektiviseringstiltak er et lite treffsikkert virkemiddel for å redusere klimagassutslipp er kanskje enda mer opplagt i Norge, som baserer mye av sitt elektrisitetsforbruk på vannkraft. En gradvis skjerping av energieffektivitetsstandarder er nødvendig også i Norge for å skape dynamiske incentiver for ytterligere reduksjoner i energibruk. Norge har en utstrakt virkemiddelbruk på energi- og miljøområdet. Samspillseffekter mellom ulike tiltak vil derfor være om enn enda viktigere å kartlegge i Norge for å unngå dobbel/trippel virkemiddelbruk som nøytraliserer hverandre og i verste fall kan virke netto negativt på energi- og miljømålsettingene. For å kartlegge slike effekter er det behov for ytterligere analyser av virkemiddelbruken.

7. Oppsummering og konklusjoner

Når man vurderer effekten av et tiltak ønsker man ideelt sett å sammenligne to reelle økonomiske tilstander som i utgangspunktet er helt like, men der man innfører et tiltak i ett av dem. Dette er imidlertid svært vanskelig å få til, selv ved bruk av empiriske observasjoner. Årsaken er at man ikke kan observere i etterkant hva situasjonen ville vært dersom virkemiddelet ikke var iverksatt. Siden man i samfunnsvitenskapene sjelden har benyttet muligheten (der den finnes) til å konstruere eksperimenter hvor et tiltak tildeles en husholdning/bedrift ut fra en tilfeldig trekning (noe som sikrer kontrafaktiskhet), er naturlige eksperimenter (dvs. tilfeller hvor man kan sammenligne et utvalg av husholdninger/bedrifter fra to ellers like populasjoner; en med og en uten tiltaket) det nærmeste man kommer en god kontrafaktisk analyse. Imidlertid finnes det sjelden data fra naturlige eksperimenter. Dersom man skulle være heldig å finne et slikt datasett, vil man likevel ikke være i stand til å identifisere markedseffektene av virkemiddelet (se kapittel 2). En modellsimulering på en aggregert modell for hele økonomien kan si noe om alle effektene av et tiltak, men kvaliteten på beregningene er avhengig av de forutsetningene og datagrunnlaget som modellen bygger på. Selv om det er usikkerhet knyttet til det kvantitative resultatet, gir imidlertid slike simuleringer nyttig kvalitativ informasjon om spillet mellom de modellerte økonomiske sammenhengene.

Vi har i litteraturgjennomgangen presentert ulike studier som evaluerer virkemidler for å fremme energieffektivisering. I gjennomgangen har vi inndelt litteraturen etter metode (empiriske observasjoner versus modellanalyser), etter type virkemiddel, og etter hvilke sektorer virkemidlet er rettet mot. Fra denne litteraturgjennomgangen finner vi følgende hovedkonklusjoner:

- Hovedtyngden av de direkte reguleringene knyttet til energieffektivitet og energibruk i husholdninger og oppvarming i bedrifter, foregår ved hjelp av byggeforskriftene. Det finnes tilnærmet ingen økonomisk litteratur om hvordan byggeforskrifter påvirker energiforbruket, eller hvilke kostnader de har, verken norske eller utenlandske studier.
- Både i Norge og i EU er det innført obligatorisk energimerking av hvitevarer og boliger. Det er ingen norske studier av effekten av energimerking av boliger i Norge. Danske studier av energimerking av boliger finner ingen generell effekt av energimerkeordningen på energiforbruket i Danmark. Det er generelt gjennomført få analyser, både internasjonalt og på norske data, av effekten av energimerking av hvitevarer. Det finnes noen analyser på nudging og kjennskap til merkeordningen, men ingen av de studiene vi kjenner til er i stand til å evaluere hvorvidt innføringen av selve merkeordningen har ført til redusert energibruk.
- Analysene av varmepumpeeierskap i Norge indikerer at vi må regne med at potensialet for redusert energibruk ikke nødvendigvis blir realisert, og at man kan observere betydelige rebound-effekter av effektiviseringstiltak. Studiene viser at husholdningene som eier varmepumper bruker tilnærmet like mye strøm

som andre husholdninger, bl.a. fordi de bruker mindre annen energi (som ved og olje) og holder en høyere gjennomsnittlig innetemperatur enn andre husholdninger. Samlet energiforbruk er imidlertid lavere for husholdningene med varmepumper, og energieffektiviteten er gått opp bl.a. som et resultat av at bruken av ved og fyringsoljer er erstattet med strøm til varmepumpa.

- Resultater fra litteraturen tyder på at en av de viktigste årsakene til at pelletsovnene ikke har fått gjennomslag i befolkningen er de positive oppfatningene om alternativene til pellets, og da spesielt til vedovner og varmepumper. Dette illustrerer hvorfor investeringsstøtte ikke er noen garanti for økt bruk av en energikilde. Disse funnene indikerer også at det kan være vanskelig å samtidig øke bruken av ny og mer energieffektiv biomasse, som pellets, og øke energieffektiviteten gjennom økt bruk av varmepumper.
- Norske studier fra eksperimenter med automatisk måleravlesning og demand side management viser at enkelte av disse tiltakene har potensial til å kunne redusere energiforbruket og effektivisere hele energisystemet ved å flytte last til mindre anstrengte perioder. I tillegg indikerer studiene at kortsiktige prisincentiver i kraftmarkedet kan føre til redusert energieffektivitet i oppvarmingen, fordi husholdningene øker bruken av mindre energieffektive energikilder som ved og fyringsoljer i de timene hvor strømprisen er høy.
- Frivillige avtaler som erstatning for el-avgiftsplikt har vist seg å utløse energieffektiviseringstiltak som ville vært lønnsomme for bedriftene også i fravær av ordningen (både i Norge og i Sverige). Dette kan skyldes at avtalens krav til energiledelsessystemer bidro til mer oppmerksomhet rundt energieffektivisering, og dermed implisitt til mer og bedre informasjon om potensialet for profitable investeringer.
- Evaluering av ordningen med hvite sertifikater i enkelte land i Europa viser at det har blitt gjennomført en del tiltak som viser seg å være svært lønnsomme, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk. Dersom disse ikke hadde blitt implementert uten sertifikatordningen betyr det i så fall at det er noen markedsbarrierer/informasjonsbarrierer som blir overvunnet ved at ordningen med hvite sertifikater tvinger fram energieffektiviseringstiltak.
- For å beregne effektene av et virkemiddel på hele økonomien, er det nødvendig å ta hensyn til samspillet mellom alle sektorer og aktører i økonomien. Generelle, numeriske, økonomiske likevektsmodeller (CGE-modeller) tar hensyn til mange samspillseffekter og er dermed et godt egnet verktøy for å evaluere effekter av virkemidler. Det finnes mange eksempler på analyser av energieffektiviseringstiltak ex ante med CGE-modeller internasjonalt, men bare noen få for Norge. Internasjonale studier viser at en kan forvente at samlet energisparing (når hensyn er tatt til rebound-effekter) som følge av en gitt økning i energieffektiviteten, vil utgjøre om lag 40-80% av energieffektiviseringspotensialet.
- CGE-analyser viser at energieffektiviseringstiltak er mindre effektive enn karbonprising som virkemiddel for å redusere karbonutslipp, fordi reduksjonen i utslipp skjer via reduksjon i energiforbruk og ikke via substitusjon vekk fra karbonintensive energiteknologier som vil være tilfelle ved karbonprising.
- Analyser på CGE-modeller får også fram at energistandarder som er knyttet til sluttbruk av energi i form av varme- og kjøleeffekter og energibruk i en del teknisk utstyr vil ha mindre effekt hvis de ikke omfatter alle bygninger, sektorer og typer utstyr. I tillegg bør energieffektivitetsstandardene strammes inn over tid for å opprettholde sine dynamiske effekter.
- CGE-analysene finner, i motsetning til flere av de mikroøkonometriske analysene, at rebound-effektene ikke fullt ut utligner det initiale energieffektiviseringspotensialet av et tiltak og at energibruken faller. I utgangspunktet skulle man tro at det var motsatt – å ta hensyn til mange samspills- og markedseffekter i økonomien i form av prisfall på energivarer og positive inntektseffekter ville gi større rebound-effekter. De ulike analysene kan imidlertid ikke sammenliknes direkte, fordi både tiltakene og modellene er

ulike. For eksempel viser analysene av innføring av varmepumper at elektrisitetsforbruket i husholdningen øker, men at samlet energiforbruk går ned. Her spiller både substitusjonseffekter mellom energivarer og total inntektseffekt inn på resultatene. I CGE-analysene er tiltakene implementert i form av eksogen økning i energieffektiviteten til produsenter og/eller konsumenter, og substitusjonseffekter mellom ulike energivarer som i tilfellet med varmepumper nevnt over, vil ikke oppstå. Foreløpig finnes det ingen analyser som analyserer sammenliknbare tiltak både i et økonomiovergripende og et mikroøkonometrisk perspektiv.

Referanser

- Alfsen, K.H., T. Bye og E. Holmøy (1996): MSG-EE: An Applied General Equilibrium Model for Energy and Environmental Analyses, *Sosiale og økonomiske studier* 96, Statistisk sentralbyrå.
- Aune, F.R., T. Bye og P. Hansen (2005): Et felles norsk-svensk elsertifikatmarked, *Rapporter* 20, Statistisk sentralbyrå.
- Aune, F.R., R. Golombek, S.A.C. Kittelsen og K.E. Rosendahl (2008): *Liberalizing European Energy Markets. An Economic Analysis*, Cheltenham, UK/Northampton, Massachusetts, USA, Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., P. Ekins og T. Foxon (2007): The macro-economic rebound effect and the UK economy, *Energy Policy* 35, 4935-4946.
- Bjertnæs, G.H. (2011): Avoiding Adverse Employment Effects from Energy Taxation: What does it cost?, *Energy Policy* 39, 4766-4773.
- Bjertnæs, G.H. og T. Fæhn (2008): Energy taxation in a small, open economy: Social efficiency gains versus industrial concerns, *Energy Economics* 30, 2050-2071.
- Bjørner, T.B. og H.H. Jensen (2002): Energy taxes, voluntary agreements and investment subsidies – a micro-panel analysis of the effect on Danish industrial companies' energy demand, *Resource and Energy Economics* 24, 229-249.
- Bjørnstad, E., J. Grande, R. Sand og C. Wendelborg (2005): Evaluering av tilskuddsordningen til varmepumper, pelletskaminer og styringssystemer, NTF-rapport 2, Nord-Trøndelagsforskning.
- Blomberg, J., E. Henriksson og R. Lundmark (2012): Energy efficiency and policy in Swedish pulp and paper mills: A data envelopment analysis approach, *Energy Policy* 42, 569-579.
- Boug, P. (2008): MODAG – en makroøkonomisk modell for norsk økonomi, *Sosiale og økonomiske studier* 111, Statistisk sentralbyrå.
- Bruvoll, A. og B.M. Larsen (2006): Greenhouse gas emissions in Norway: Do carbon taxes work?, i T. Sterner and A. Muller: *Environmental taxation in practice*, Ashgate Publishing Limited (i serien *International Library of Environmental Economics and Policy*).
- Bruvoll, A. og B. Bye (2009): Evaluering av effekter av virkemidler i klimapolitikken, *Rapporter* 48, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B. (2000): Labour market rigidities and environmental tax reforms: Welfare effects of different regimes, i Harrison, G.W., L. Haagen Pedersen, T.F. Rutherford and S.E. Hougaard Jensen (eds): "Using Dynamic Equilibrium Models for Policy Analysis", 259-294, North-Holland.
- Bye, B., T. Fæhn, T.R. Heggedal, K. Jacobsen og B. Strøm (2008): *An innovation and climate policy model with factor-biased technological change: A small, open economy approach*, *Rapporter* 22, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B. (2008): Macroeconomic modelling for energy and environmental analyses: Integrated economy-energy-environmental models as efficient tools, *Documents* 14, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, T., A. Bruvoll og F.R. Aune (2008): Inflow shortages in deregulated power markets – reasons for concern?, *Energy Economics* 30, 1693-1711.
- Bye, B. og T. Fæhn (2009): Hva koster klimatiltak for Norge?, *Økonomiske analyser* 5, Statistisk sentralbyrå.

- Bye, B. og K. Jacobsen (2011): Restricted carbon emissions and directed R&D support; an applied general equilibrium analysis, *Energy Economics* 33, 543-555.
- Bye, B., T. Fæhn og O. Rosnes (2015): Residential energy efficiency and European carbon policies: A CGE-analysis with bottom-up information on energy efficiency technologies, Discussion papers 817, Statistisk sentralbyrå.
- Bøeng, A.C., B. Halvorsen og B.M. Larsen (2011): Vil subsidiering av energi-effektivt utstyr løse miljøproblemene? Økonomiske analyser, Statistisk sentralbyrå.
- Bøeng, A.C., B. Halvorsen og B.M. Larsen (2013): Fører energieffektivisering til uønskede adferdsendringer?, *RØST* 1/2013.
- Böhringer, C., B. Bye, T. Fæhn, og K.E. Rosendahl (2012): Alternative designs for tariffs on embodied carbon: A global cost-effectiveness analysis, *Energy Economics* 34, 143-153.
- Cappelen, Å., E. Fjærli, F. Foyn, T. Hægeland, J. Møen, A. Raknerud og M. Rybalka (2008): Evaluering av SkatteFUNN – Sluttrapport, Rapporter 2, Statistisk sentralbyrå.
- Chitnis, M., S. Sorrell, A. Druckman, S.K. Firth og T. Jackson (2014): Who rebounds most? Estimating direct and indirect rebound effects for different UK socioeconomic groups, *Ecological Economics* 106, 12-32.
- Christiansen, V. (2015): Kostnader ved skattefinansiering, *Samfunnsøkonomen* 1/2015, 46-56.
- Comstock, O. og E. Boedeker (2011): Energy and Emissions in the Building Sector: A Comparison of Three Policies and Their Combinations, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 23-41.
- Curtis, J. og A. Pentecost (2015): Household fuel expenditure and residential building energy efficiency ratings in Ireland, *Energy Policy* 76, 57-65.
- Dalen, H.M. og B. Halvorsen (2013a): Vi fryser for å spare energi, Økonomiske analyser 2, Statistisk sentralbyrå.
- Dalen, H.M. og B. Halvorsen (2013b): Ta hjemmetempen: Rapport fra Forskningskampanjen 2012, Rapporter 19, Statistisk sentralbyrå.
- EMF 25 (2011): Strategies for mitigating climate change through energy efficiency: A multimodel perspective, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1).
- Ericson, T. (2006): Time-differentiated pricing and direct load control of residential electricity consumption, Discussion papers 461, Statistisk sentralbyrå.
- Ericson, T. (2007): Kan toveiskommunikasjon gi et mer velfungerende kraftmarked?, Økonomiske analyser 2, Statistisk sentralbyrå.
- Ericson, T. (2009): Direct load control of residential water heaters, *Energy Policy* 37, 3502-3512.
- Ericson, T. (2011): Households' self-selection of dynamic electricity tariffs, *Applied Energy* 88, 2541-2547.
- EU (2014): Climate and Energy Policy Package for 2030, http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/index_en.htm.
- Fæhn, T., K. Jacobsen og B. Strøm (2010): Samfunnsøkonomiske kostnader ved klimamål for 2020. En generell modelltilnærming, Rapporter 22, Statistisk sentralbyrå.

- Fæhn, T, E. Isaksen, K. Jacobsen og B. Strøm (2013): MSG-TECH: Analysis and documentation of a general equilibrium model with endogenous climate technology adaptations, Reports 47/2013, Statistics Norway and CREE Working paper 23/2013.
- Fæhn, T. og E.T. Isaksen (2016): Diffusion of Climate Technologies in the Presence of Commitment Problems, *Energy Journal* 37, 155-180.
- Gillingham, K., R.G. Newell og K. Palmer (2009): Energy efficiency economics and policy, *Annual Review of Resource Economics* 1, 597-620.
- Gillingham, K., M.J. Kotchen, D.S. Rapson og G. Wagner (2013): Energy policy: the rebound effect is overplayed, *Nature* 493, 475-476.
- Giraudet, L-G, L. Bodineau og D. Finon (2012): The costs and benefits of white certificates schemes, *Energy Efficiency* 5, 179-199.
- Giraudet, L-G., C. Guivarch og P. Quirion (2011): Comparing and combining energy savings policies: Will proposed residential sector policies meet French official targets, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 213-242.
- Gram-Hanssen, K. (2010): Residential heat comfort practices: understanding users, *Building Research and Information* 38, 175-186.
- Gram-Hanssen, K., T.H. Christensen og P.E. Petersen (2012): Air-to-air heat pumps in real-life use: Are potential savings achieved or are they transformed into increased comfort?, *Energy and Buildings* 53, 64-73.
- Greaker, M. og O. Rosnes (2015): Robuste norske klimamålsetninger, *Samfunnsøkonomen* 1, 67-78.
- Greening, A., D.L. Greene og C. Difiglio (2000): Energy efficiency and consumption - the rebound effect: a survey, *Energy Policy* 28, 389-401.
- Grepperud, S. og I. Rasmussen (1998): Effekter av effektivisering på energibruk og miljø, Rapport 98/19, Statens forurensningstilsyn.
- Grepperud, S. og I. Rasmussen (2004): A general equilibrium assessment of rebound effects, *Energy Economics* 26, 261-282.
- Hagem, C., B. Holtmark og T. Sterner (2014): Om den norske politikken for reduksjon av NOx, *Samfunnsøkonomen* 2/2014, 27-38.
- Halvorsen, B. (2009): Conflicting Interests in Environmental Policy-making? A Micro-econometric Approach, *Environmental and Resource Economics* 44, 287-305.
- Halvorsen, B., B.M. Larsen og R. Nesbakken (2010): Is there a win-win situation in residential energy policy?, *Environmental and Resource Economics* 45, 445-457.
- Halvorsen, B. og B.M. Larsen (2013a): "How do investments in heat pumps affect household energy consumption?", Discussion papers 737, Statistisk sentralbyrå og CREE Working Papers 6/2013.
- Halvorsen, B., B.M. Larsen, H. Wilhite og T. Winther (2016): "Revisiting household energy rebound: Perspectives from a multidisciplinary study", *Indoor and Built Environment*, online first 28. januar 2016, doi:10.1177/1420326X16629725.
- Halvorsen, B. og B.M. Larsen (2013b): "Hvem eier varmepumpe og hva gjør det med strømforbruket?", Økonomiske analyser 2/2013, Statistisk sentralbyrå.
- Halvorsen, B. og B.M. Larsen (2013c): "How serious is the aggregation problem? An empirical illustration", *Applied Economics* 45, 3786-3794.

- Heggedal, T.R. og K. Jacobsen (2011): Timing of innovation policies when carbon emissions are restricted: An applied general equilibrium analysis, *Resource and Energy Economics* 33, 913-937.
- Huntington, H. og E. Smith (2011): Mitigating Climate Change Through energy Efficiency: An Introduction and overview, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 1-6.
- Kallbekken, S., H. Sælen og E.A.T. Hermansen (2013): Bridging the energy efficiency gap: A field experiment on lifetime energy costs and household appliances, *Journal of Consumer Policy* 36, 1-16.
- Kjaerby, V.H. (2010): Does energy labelling on residential housing cause energy savings?, *ECEE 2009 summer studies*.
- Lees, E. (2008): Evaluation of the energy efficiency commitment 2005-2008. Report to DECC.
- Lillemo, S.C., F. Alfnes, B. Halvorsen og M. Wik (2013): Households' Heating Investments: The effect of motives and attitudes on choice of equipment, *Biomass and Energy* 57, 4-12.
- Lillemo, S.C. og B. Halvorsen (2013): The impact of lifestyle and attitudes on residential firewood demand in Norway, *Biomass and Energy* 57, 13-21.
- Lillemo, S.C., F. Alfnes, B. Halvorsen og M. Wik (2011a): Effekten av Enovas tilskuddsordning på endring av hovedenergikilde, *Bioenergi: fagtidsskrift for bioenergiforeningen* 2011/3, 28-29.
- Lillemo, S.C., F. Alfnes, B. Halvorsen og M. Wik (2011b): "Nordmenns holdninger til forskjellige oppvarmingssystemer", *Bioenergi: fagtidsskrift for bioenergiforeningen* 2011/5, 28-29.
- Lillemo, S.C. (2013): Consumers and Bioenergy: The effects of behavioural factors on households' heating consumption choice in Norway, PhD-thesis, Norwegian University of Life Sciences.
- Mahapatra, K., G. Nair og L. Gustavsson (2011): Energy advice service as perceived by Swedish homeowners, *International Journal of Consumer Studies* 35, 104-111.
- Majcen, D., L.C.M. Itard og H. Visscher (2013): Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications, *Energy Policy* 54, 125-136.
- McGibbin, W.J., A.C. Morris og P.J. Wilcoxon (2011): Subsidizing Household Capital: How Does Energy Efficiency Policy Compare to a Carbon Tax?, *The Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 11-128.
- Mills, B. og J. Schleich (2010): What's driving energy efficient appliance label awareness and purchases propensity?, *Energy Policy* 38, 814-825.
- Murphy, L. (2014): The influence of energy audits on the energy efficiency investments of private owner-occupied households in the Netherlands, *Energy Policy* 65, 398-407.
- Murray, A.G. og B.F. Mills (2011): Read the label! Energy star appliance label awareness and uptake among U.S. consumers, *Energy Economics* 33, 1103-1110.
- Nair, G., L. Gustavsson og K. Mahapatra (2010): Factors influencing energy efficiency investments in existing Swedish residential buildings, *Energy Policy* 38, 2956-2963.
- NOU 2012:16, Samfunnsøkonomiske analyser. Oslo: Finansdepartementet.

- NVE (2015): Program for energieffektivisering i industrien – PFE, Rapport (unntatt offentligheten), Oslo, NVE.
- Olje- og energidepartementet (2009): Energieffektivisering. Del 1 Hovedrapport. Lavenergiutvalget.
- Paul, A., M. Woerman og K. Palmer (2011): Strategies for mitigating climate change through energy efficiency: the RFF Haiku electricity market model, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 193-212.
- Rosenberg, E., A. Lind og K.A. Espegren (2013): The impact of future energy demand on renewable energy production – Case of Norway, *Energy* 11/2013, 61, 419.
- Sammer, K. og R. Wüstenhagen (2006): The influence of eco-labelling on consumer behaviour – Results of a discrete choice analysis for washing machines, *Business Strategy and the Environment* 15, 185-199.
- Saunders, H.D. (2015): Recent evidence for large rebound: elucidating the drivers and their implications for climate change models, *The Energy Journal* 36, 23-48.
- Schleich, J., B. Mills og E. Dütschke (2014): A brighter future? Quantifying the rebound effect in energy efficient lighting, *Energy Policy* 72, 35-42.
- Sopha, B.M., C.A. Kløckner, G. Skjevraak og E.G. Hertwich (2010): Norwegian households' perception of wood pellet stove compared to air-to-air heat pump and electric heating, *Energy Policy* 7, 3744-54.
- Steckley, S.G., D.S. Meade, C.S. Lenox, K.C. Hoffmann, D.H. Reid og C.H. Schoener (2011): Energy demand analytics using coupled technological and economic models, *Energy Journal* 32 (Special Issue 1), 172-192.
- Stenqvist, C. og L. Nilsson (2012): Energy efficiency in energy-intensive industries - an evaluation of the Swedish voluntary agreement PFE, *Energy Efficiency* 5, 225-241.
- Stokke, V., G.L. Doorman og T. Ericson (2010): An analysis of a demand charge electricity grid tariff in the residential sector, *Energy Efficiency* 3, 267-282.
- Tanaka, K. (2011): Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector, *Energy Policy* 39, 6532-6550.
- Turner, K. (2009): Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy, *Energy Economics* 31, 648-666.
- Winther, T. og H. Wilhite (2014): "The use of heat pumps in Norwegian homes: accounting for the comfort rebound effect". CREE Working paper 2.
- Winther, T og H. Wilhite (2015): An analysis of the household energy rebound effect from a practice perspective: spatial and temporal dimensions, *Energy Efficiency* 8, 595-607.

Vedlegg A: Prosjektbeskrivelse fra OED

Evaluering av effekter av virkemidler for å fremme energieffektivisering –
Forstudie/metaanalyse/litteraturstudie

Det er et mål for departementet å ha god kjennskap til hvordan offentlige virkemidler for å fremme energieffektivisering virker og hvordan dette påvirker den totale energibruken.

En studie av disse sammenhengene vil kreve omfattende arbeid og datamateriale. Departementet ønsker derfor at det i første omgang gjennomføres en forstudie der det gjøres en systematisk kartlegging av effekten av virkemidlene vi har i Norge ved å studere allerede utførte evalueringsstudier både i Norge og i utlandet.

En slik metaanalyse bør som utgangspunkt beskrive de metodiske mulighetene og utfordringer knyttet til å gjennomføre evalueringer av tiltak for å fremme energieffektivisering.

Det bes videre om en systematisk oversikt over i) type virkemiddel og hovedfunn, ii) bakgrunnsinformasjon og iii) metode og datamateriale i de gjennomgåtte studiene.

Av bakgrunnsinformasjon ønskes en systematisk oversikt over år, land og hvilke mål på energibruk som benyttes i studien.

I metodedelen ønskes det en kritisk gjennomgang av styrker og svakheter ved de metodene som er benyttet (identifiserende antakelse). I den grad det er grunnlag for det, bes det om en vurdering av hvilke elastisiteter som følger av resultatene i de ulike undersøkelsene, slik at studier kan sammenlignes innenfor samme virkemiddeltype.

Det bes videre om en beskrivelse av eventuelle variasjoner i funn mellom undersøkelsene og en vurdering av hva dette skyldes.

Det er spesielt interessant for departementet å ha kjennskap til overføringsverdien til de studiene som vurderes som gode. En slik vurdering tar om mulig hensyn til statistisk usikkerhet, størrelse på datamateriale, og likhetstrekk med norske forhold.

I arbeidet med å kartlegge effektene av virkemidlene på energieffektivisering kan det spesielt være viktig å vurdere forskjellene mellom energieffektiviseringspotensialet og hva som blir den faktiske energisparingen når man tar hensyn til inntekts- og substitusjonseffekter i flere sektorer som følge av at husholdninger og bedrifter sparer utgifter og kan endre adferd og gjennom at energieffektiviseringstiltak kan føre til at bruk av energi blir billigere (rebound-effekter). I tillegg vil energieffektiviseringstiltak samspille med andre typer virkemidler i energi- og miljøpolitikken, og det er derfor viktig å se denne typen tiltak i et mer generelt makroøkonomiske perspektiv for å kunne kartlegge mange mulige effekter. Det ønskes derfor også at det gås gjennom relevant litteratur om makroøkonomiske effekter av faktisk og tentativ politikk.

Tabellregister

Tabell 5.1	Empiriske analyser som studerer effekten av virkemidler for å øke energieffektiviteten	21
Tabell 5.2	Numeriske modellanalyser som studerer effekten av virkemidler for å øke energieffektiviteten	31

Statistisk sentralbyrå

Postadresse:
Postboks 8131 Dep
NO-0033 Oslo

Besøksadresse:
Akersveien 26, Oslo
Oterveien 23, Kongsvinger

E-post: ssb@ssb.no
Internett: www.ssb.no
Telefon: 62 88 50 00

ISBN 978-82-537-9334-4 (trykt)
ISBN 978-82-537-9335-1 (elektronisk)
ISSN 0806-2056

ISBN 978-82-537-9334-4



9 788253 793344



Statistisk sentralbyrå
Statistics Norway